

dSPACE MAGAZINE

1/2014

Manitowoc 社 –
厨房機器の制御

Moog 社 – ラボでの
試験飛行

Continental 社 – 超小型 EV
のパーキングアシスト







この号では、当社のテクノロジーが採用されている各種分野のすばらしい例を多数紹介します。dSPACE は自動車分野以外にも多くの分野で事業を展開しています。たとえば、当社はかなり以前から航空宇宙産業に関わっています。この詳細は、ほぼ20年来のお客様である Moog 社の記事からもご確認いただけます。ビジネスジェット機向けの総合的なアビオニクスシミュレータに関する記事を掲載したのはかなり前の号でしたが、開発されたシステムを搭載した航空機は現在量産体制に入っています。当社は、就役に際して事前の認定が必要な特殊輸送機に使用されるミッションクリティカルなサブシステム向けの HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータも出荷しました。最近では、航空機のシステム設計を改善するための研究プロジェクトに参加しました。ここまではすべて「予測可能な」適用分野です。

私個人は、「想定外の」ものに出会うと非常に興味を感じます。この号では、食品サービス業界向けの HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションを紹介しています。このような用途も可能になったので

す。テスト対象となるシステムが複雑な場合や、実際の部品がテストに間に合わない場合、高度なテストオートメーションが必要な場合は、HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションが必要となります。モデルが変わったり、バスプロトコルに特別な機能が含まれたりする場合もありますが、アナログ、デジタル、PWM のいずれの信号も他の適用分野の信号とほぼ同じです。

ただし、需要が拡大する電動化の領域では、特別なテクノロジーや高度なノウハウが必要となります。創立以来、当社は電気駆動装置とモーション制御に積極的に携わってきましたが、今日求められる要件はさらに厳しさを増しています。当社が、長年の間ラピッドコントロールプロトタイプングとシミュレーションの両方に投資を続けてきたのはそのためです。この投資は実を結んでいます。この領域のプロジェクト件数は増加し続けています。22 ページの Valeo 社の適用例もその一つです。メディカルエンジニアリングも驚くような進化を常に続けています。当社はベースメーカー、人工内耳、呼吸器、適応型血液ポ

ンプなどを手がけてきましたが、今回、頭蓋骨切断ツールがこれに加わりました。と言っても、これは信号処理、アルゴリズム、メカトロニクス分野での開発技術になります。当社にとって、メカトロニクスがすべてなのです。20 年以上前の最初のお客様の 1 社は、コンクリートドリルの世界的メーカーである Hilti 社でした。

皆様にとって 2014 年がすばらしい年になり、上記の医療機器を頼らなくて済むことを願っています。

社長 Dr. Herbert Hanselmann

Embedded Success

dSPACE



MANITOWOC 社 | PAGE

6



VALEO 社 | PAGE

22



三菱自動車工業株式会社 | PAGE

40

dSPACE MAGAZINE は、下記により定期的に発行されています。

dSPACE GmbH · Rathenaustraße 26
33102 Paderborn · Germany
Tel.: +49 5251 1638-0
Fax: +49 5251 16198-0
dspace-magazine@dspace.com
www.dspace.com

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

テクニカルライター：Thorsten Bödeker,
Ralf Lieberwirth, Sonja Lillwitz, Thomas
Pöhlmann, Julia Reinbach, Dr. Gerhard Reib

dSPACE Magazine 1/2014 · © dSPACE GmbH, Paderborn, Germany · info@dspace.co.jp · www.dspace.jp

協力：Dr. Ulrich Eisemann, Anne Geburzi,
Dr. Hagen Haupt, Doreen Krob, Holger
Krumm, Mahendra Muli, Dr. Rainer
Otterbach, Andre Rolfmeier, Dr. Nicolas
Sänger

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

デザイン：Krall & Partner, Düsseldorf, ドイツ
レイアウト：Jens Rackow, Tanja Raeisi, Sabine
Stephan

翻訳：株式会社 シュタール ジャパン

©Copyright 2014

著作権所有。書面による許可なしに、本出版物の全部または一部を複製することを禁じます。複製する場合は、出典を明記する必要があります。dSPACE では常に製品の品質向上に努めており、本出版物に記載された内容については予告なく変更になる可能性があります。

dSPACE は、米国やその他の国における dSPACE GmbH の登録商標です。その他の登録商標については、www.dspace.jp/goto.cfm/terms を参照してください。その他のブランド名または製品名は、その企業または組織の商標または登録商標です。

目次



3 社長挨拶
Dr. Herbert Hanselmann

お客様の事例

6 MANITOWOC社
Simulation à la carte
モデルベース開発による食品サービス業界の効率化

14 MOOG社
Electronics Take Off
Moog社における最新アクチュエータシステムのReal-Time Testing

22 VALEO社
Highly Dynamic Testing
ECU機能の妥当性確認アプリケーションにおける永久磁石モーターのリアルタイムモデリング

26 アーヘン工科大学
smartCUT: Safe Surgery
心臓、胸郭、および脳外科手術用半自動のござり

32 CONTINENTAL Automotive社
Electric Parking
既存システムに短期間でX-by-Wire制御システムを統合

36 ヘルムート・シュミット大学(ハンブルク連邦国防軍大学)
Sound Asleep
家庭でのアクティブ防音

40 三菱自動車工業株式会社
Peak Performance
市販の自動車部品を使用して最高峰へ:
MIEV Evolution II

製品情報

44 ASM/MODELDESK/MOTIONDESK
Eyes on the Road
運転支援システムの妥当性確認用の強力なツールチェーン

52 バーチャルECU/SCALEXIO
Virtual ECUs in Action
HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションの新しい選択肢

56 SYSTEMDESK
All-Round Integration
SystemDeskによるAUTOSARに準拠した開発プロセスの効率化

60 TARGETLINK
The Code Generator
TargetLink 3.5の新しい機能によりコード生成が容易に

ビジネス

64 開発のトレンドについて
Forward Thinking
開発プロセスにおける生産性を大幅に改善する手法

70 ニュース





Simulation à la carte

モデルベース開発による食品サービス業界の効率化

お気に入りのレストランで食事が出てくるのを待っていることを想像してください。期待どおりの食事でしょうか？この答えは、無数の要素、特に、食品を保管、調理、提供する機器によって決まります。食品サービス機器の主要サプライヤである Manitowoc 社は、高い製品品質を確保するためにモデルベース開発と HIL (Hardware-in-the-Loop) テストを使用することを決定しました。



食品サービステクノロジへの厳しい要求

食品サービス機器メーカーは多くの課題に直面しています。最大の課題には短い開発サイクル、迅速なプロトタイピングによるお客様への製品コンセプトの実証、配送の迅速化、信頼性目標の達成などがあります。迅速かつ一貫した方法で食品の準備や完全な調理を行い、さらに特許を取得し標準化されたレシピを順守するには、最新の制御ソフトウェアにより、時間によりトリガされるイベントと状態を正確に実行する高度なプロセス制御が必要で



Manitowoc 社製品の一般的な適用分野は、加熱調理、冷凍、準備、給仕、製氷です。



Manitowoc 社のブランドの 1 つである Merrychef のオープンを操作するためのタッチパネルの例。

す。たとえば、肉の揚げ方については肉の種類ごとに個別の手順があり、揚げる工程の複数の段階でもタイミングと温度が定められています。必要な場合は保温についても同様の規定があります。他業種と同様に、食品サービス業界で最も重要な要件は、正確性、エネルギー効率、フェイルセーフ機能です。

ハイテク製品ポートフォリオ

Manitowoc 社は、業務用食品サービス機器の主要メーカー／ベンダーです。同社の製品範囲には、一次調理器具、冷凍機、製氷機、給仕器具、飲料ディスペン

サーなどがあります。Manitowoc 社は、電子制御を導入し、多くの制御ソフトウェアを活用することで、自社のハイテク製品ポートフォリオを絶えず強化するよう努めています。業務用の調理場で機器が信頼を得るかどうかは、取り扱いが容易で問題が発生しないことが必要です。

幅広い電気コンポーネント

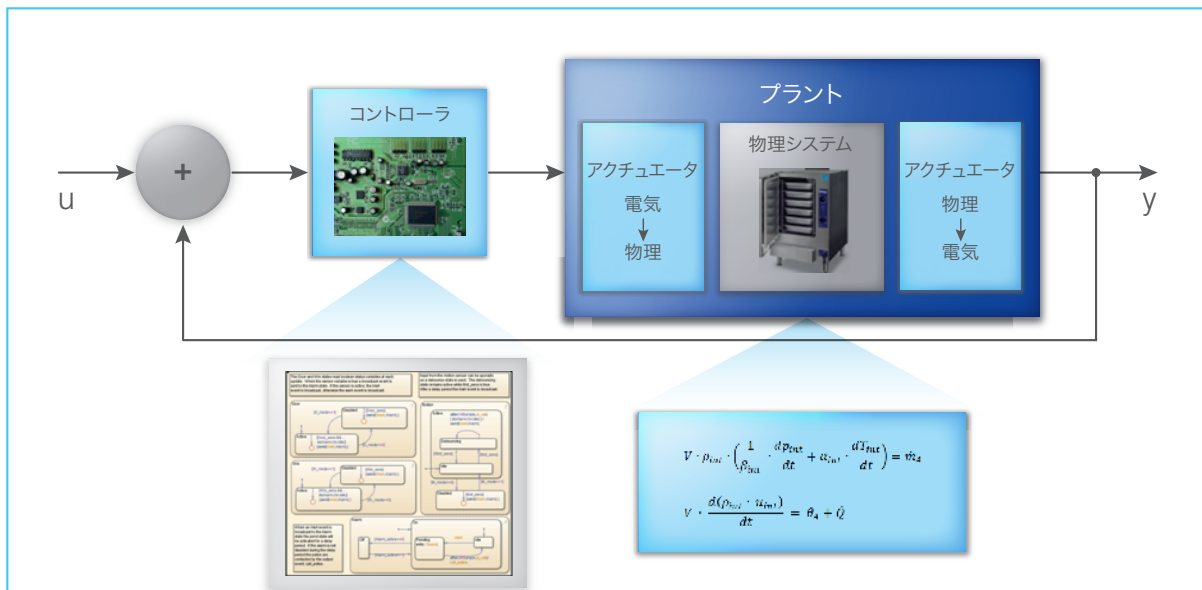
タッチパネル、AC リレー、コイルドライバ、モーター、スイッチなどを備えた各種のセンサやインターフェースは、食品サービス機器における電気装置のほんの一部です。これらはすべて高度な組み込み電子制御機器と

直接通信します。そのため、機能の妥当性を確認する必要がある複雑な電気／電子 (E/E) システムが構築されます。

ソフトウェア品質の課題

食品サービス機器では、電子制御ユニット (ECU) 用のソフトウェア、および発熱体やバルブなどの中で内部プロセスを調整するユーザインターフェースが特に必要です。ユーザインターフェースに問題やエラーがあれば、食品の調理に悪影響が及び、レストランにきたお客様に不快な印象を与えてしまうリスクがあります。そのため、高品質のユーザインターフェースモジュールが

HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションの原理：機器は数学モデルによって表されます。アクチュエータとセンサも仮想化されています。





飲料ディスペンサー、Frymaster Cobra Fryer、および Convotherm Oven-P4：これらの製品は、dSPACE シミュレータでテストされました。

不可欠です。このように幅広い製品ポートフォリオ全体で一貫して高いソフトウェア品質を維持することは、Manitowoc 社にとって重要な課題です。自動車や商用車業界でも同じような課題に直面しているため、これらの業界で使用されている開発手法を食品サービス業界にも応用できます。効率的なソフトウェア開発を保証するツールチェーンに基づいた適切な手法とプロセスが重要です。

モデルベース開発手法

食品サービス機器はますます複雑化しているため、これまで使用されてきた手作業による手法では、機能の開発および妥当性確認を十分に行えません。このため、Manitowoc 社は、食品サービス機器業界で初めてモデルベーステストを採用する

という大胆な一歩を踏み出しました。この目的は、製品開発方法を再検討することで、競争上の優位性を確保するためでした。Manitowoc 社は、これを実現するために dSPACE と提携してモデルベース開発を導入し、以下の要件を定義しました。

- Manitowoc 社の幅広い製品ポートフォリオ向けの汎用モデルを開発
- すべての戦略的コントローラプラットフォームでテストシステムを再利用
- 汎用テストケースを開発し、すべての事業会社でツールチェーンを統一
- 負荷の物理的動作をシミュレートし、開発中のコントローラでテストを実行
- ストレステストケースを開発し、フィールドテストで見つかった欠陥をシミュレートして診断コードの妥当性を確認

HIL シミュレーションを行う理由

Manitowoc 社のエンジニアが同社の要件を dSPACE の製品およびサービスと照合した結果、dSPACE の HIL (Hardware-in-the-Loop) システムが品質水準の達成において主要な役割を果たせることが明らかになりました。HIL シミュレーションにより、開発者は発熱体などの実際の環境を仮想化できるようになりました。つまり、実際の発熱体が開発者に提供される前でも、ソフトウェア開発プロセスのかなり初期の段階で重要なエレクトロニクステストを実行できるようになりました。これは、日常使用における製品の欠陥率の低下、信頼性の強化、および顧客満足度の向上につながると期待されます。このため、dSPACE シミュレータを使用することが決定されました。dSPACE シミュレータ



「モデルベース開発の使用に切り替えるため、将来の拡張に対応するハードウェアテストプラットフォームが必要でした。再設定と拡張が可能な dSPACE のプラットフォームは、当社の要件をすべて統合するのに理想的でした。」

Pedro Zayas 氏、シニアエンジニア、Manitowoc Foodservice 社で HIL (Hardware-in-the-Loop) テストとラビッドコントロールプロトタイピングを担当



「食品サービス機器をテストするには、各種信号および通信プロトコルの取り扱いで柔軟性を大いに発揮する dSPACE シミュレータのようなシステムが必要です。」

Jake Blake 氏、システムエンジニア、
Manitowoc Foodservice 社で HIL (Hardware-in-the-Loop) テストとオートメーションを担当

は、モデルベース手法を用いてすべての開発上の問題を解決するための最適な条件を提供します。この開発手法はまずオープン、フライヤー、飲料ディスペンサーの開発プロジェクトに使用されました。

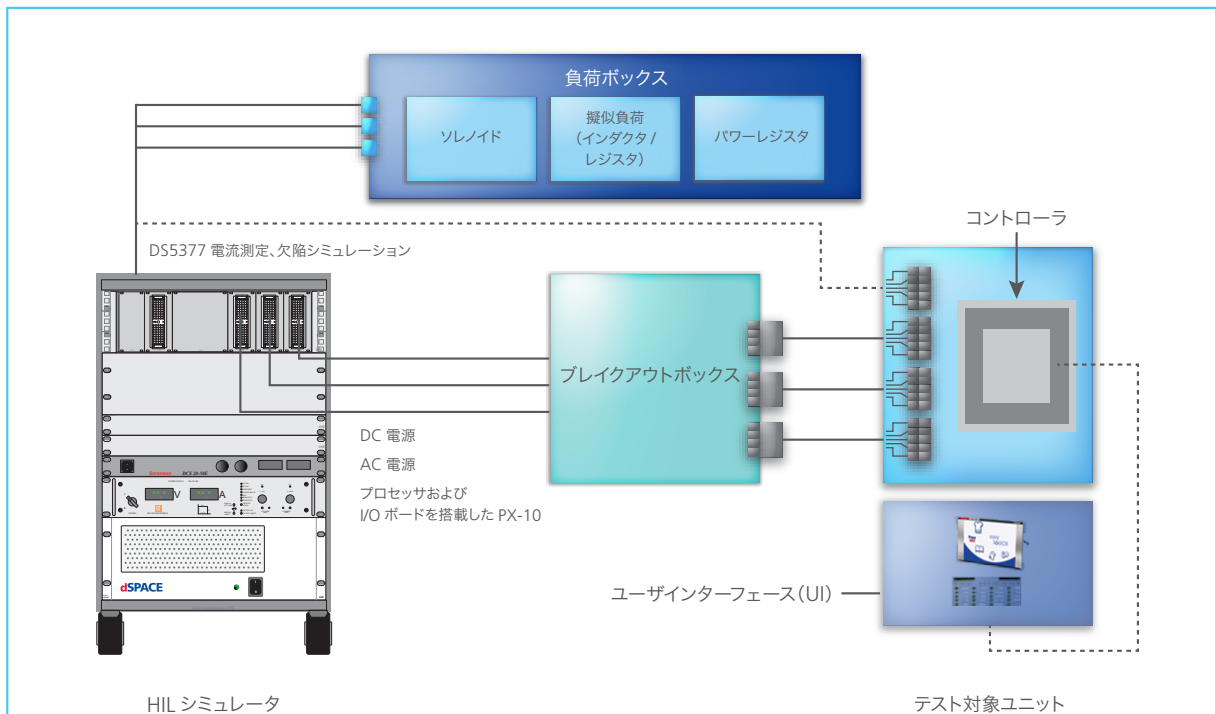
HIL テストシステム の概念

Manitowoc 社は、オープン、グリル、フライヤー、スモージー製造機から飲料ディスペンサーや冷凍システムに及ぶ製品範囲全体の I/O および負荷要件を満たす柔

軟なハードウェアテスト用 HIL システムを必要としていました。I/O ボードとインターフェイスボードの組み合わせを検証するうえで、dSPACE の汎用製品ポートフォリオで提供されるさまざまな I/O およびインターフェイスボードは優れたソリューションでした。Manitowoc 社にとって重要なことは、内部で開発したテストオートメーションプラットフォーム (TAP) を自動製品テストの中心として使用し続けることでした。dSPACE は、このための汎用アーキテ

クチャを実現するシミュレータ API を提供し、開発者が HIL シミュレータを TAP にシームレスに統合できるようにしました。Manitowoc 社では、全世界のテスト開発者が協力できるように会社構成をグローバルに構築していますが、今では各開発者が dSPACE の汎用テストベンチアーキテクチャにアクセスし、さまざまな製品をテストできるようになりました。テストシステム全体は移動可能なラックに収容されています。テスト対象のコントローラは、

テストベンチの概念：HIL シミュレータ (左)、ブレイクアウトボックス (中央)、およびユーザインターフェイスを備えたテスト対象ユニット (UUT) (右)。性能テスト用の擬似負荷は、外部の負荷ボックスに収容されています。





ブレイクアウトボックスを介して接続されます。必要に応じて擬似負荷を使用してパワーステージをテストに組み込むこともできます。

シミュレータの本格稼働

HIL シミュレータは Manitowoc 社の開発ラボで運用が開始され、既存のテストオートメーションプラットフォームに完全に統合されました。システムは非常に成熟しており、便利な取り扱いオプションを備えています。シミュレータは、体系化されたテストを実行し、対象エラーを分析し、回帰テストでエラーの修正に成功したかどうかを検証するための要件を完全に満たしています。また、3つの開発プロジェクトで実際の経験が得られたことにより、この手法を以前のテスト手法と比較できるよう

になりました。成果は以下のように予想を上回るものでした。シミュレータの潜在能力の一部を使用しているだけにもかかわらず、テスト時間は 80% 短縮され、テストカバレッジは数倍になりました。Stimulus Editor や欠陥生成ユニット (FIU) などのツールは、既に多くの改善効果を生みだしています。

テストで得られるメリット

テスト担当者は、テストを作成および実行する際、以前の手法と比べ以下の決定的な利点を享受できます。

- 時間の節減：以前必要だった時間の何分の一かでテストを実行できるため、短い製品開発サイクルの要件を満たせるようになります。

- 時間同期テスト：タイムクリティカルなテストを容易に実施および監視できます。
- 容易な回帰テスト：より低いコストですばやくテストを繰り返し実行し、ソフトウェアをアップデートできます。これらの利点により、より総合的で対象を絞ったテストを実行できるため、開発者の作業効率が向上します。また、実行時間が以前の数分の一となるため、テストの範囲を拡張したり、テスト対象のアーキテクチャとプロセスを拡大したりできる新しい可能性が生まれます。

成果と結論

モデルベース開発と HIL テストを使用して実行した 3 つの完了済み開発プロジェクトの結果と経験をまとめたものを利用でき



「この画期的なテクノロジーにより、当社の信頼性テストは自動車や航空宇宙業界と同じ品質水準を持つことができます。モデルベース開発により、食品サービス業界は新しい時代に入っています。dSPACE のような献身的なパートナーがいなければ、モデルベース設計ツールの導入と開発サイクルの短縮を実現することはできなかったでしょう。」

Vikram Verma 氏、Manitowoc 社



左から右： dSPACE ControlDesk を使用して Convotherm HIL テストベンチを設定するシステムエンジニアの Jake Blake 氏。Convotherm HIL テストベンチで信号をチェックする Pedro Zayas 氏と Vikram Verma 氏。ControlDesk を使用したオープン制御信号の監視。Jake Blake 氏、Pedro Zayas 氏、Vikram Verma 氏、Paul Touchette 氏 (左から右)



「dSPACE のツールチェーンにより、モデルベース開発と HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションを使用して、電子制御システムの戦略的ビジョンを実装できました。」

Paul Touchette 氏、Manitowoc Foodservices 社、先端電子制御センター、エンジニアリング部長

るようになりました。さらに、この機器は実際の業務用調理場で使用するための厳しいテストに合格しています。成果は以下のようにまとめることができます。

競争上の利点と信頼性の強化：

HIL システムを使用することにより、Manitowoc 社は従来の手作業によるテストよりはるかに迅速に電子制御ユニット (ECU) をテストでき、テストカバレッジも

拡大しました。この結果、製品化までの期間が短縮され、機器の欠陥率がさらに低下しました。

コストの節減：

テストチームは、特定の製品向けのテストを作成するのではなく、dSPACE ハードウェアを使用して、可能な限り多くの異なる Manitowoc 社製品に対応する適応型プラットフォームを構築できるようになりまし

た。この迅速で効率的なテストにより、テストのコストは半減しました。HIL システムにより、日常的な使用における製品の欠陥数もかなり減少し、製品保証コストが大幅に低減しています。

先駆者的役割：

Manitowoc 社は、HIL システムを使用した食品サービス機器の開発で先駆者的役割を果たしています。他のベンダーのハー

Manitowoc グループ

Manitowoc 社は、ウィスコンシン州のマニトウォク (ミシガン湖) の湖畔コミュニティが由来で、造船および船舶修繕会社として創立されました。同社は創立以降成長しながら多様化しており、1920 年代半ばには格子ブームクレーン事業に参入、1940 年代後半には商用冷凍機事業にも参入しました。現在、同社はクレーンと食品サービス機器の 2 部門で構成されています。Manitowoc 社は、世界最大級の商用食品サービス機器メーカーであり、製品範囲には加熱、冷凍、調理器具、製氷器、ディスペンサー、保存ケース、ショーケー

ス、食器洗浄器が含まれています。同社の製品は、品質とエネルギー効率に関する多数の賞を獲得しています。Manitowoc 社のブランドには、Cleveland Range、Convotherm、Dean、Delfield、Frymaster、Garland Commercial Ranges、Lincoln Impingers、Merco、Merrychef、Moorwood Vulcan、Delfield、Harford、Kolpak、Kysor Panel Systems、Manitowoc Ice、Manitowoc Beverage Systems、McCall などがあります。

Manitowoc
BUILD SOMETHING REAL



ドウェアコンポーネントを統合することで、システムを拡張し、機能を追加できます。これにより、まったく新しい可能性が開かれます。

相乗効果：

Manitowoc 社では、食品サービス機器だけではなく、別の事業分野であるクレー

ン開発分野にも自動回帰テストを初期開発レベルで使用しています。これは、Manitowoc 社の研究開発プロセスで相乗効果を実現するための理想的なシナリオです。■

Vikram Verma 氏、Manitowoc 社



動画：ミュンヘンの有名な Hofbräuhaus で使用されている Manitowoc 社製品。
<http://www.youtube.com/watch?v=4JtQvPhS9jQ&sns=em>

まとめ

食品サービス機器メーカーは、組み込み制御エレクトロニクスや多数のオプションを持つグラフィカルユーザーインターフェースをますます使用するようになっており、これらのためのソフトウェアを多数開発しています。米国を拠点とするグローバル企業である Manitowoc 社は、モデルベース開発と HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションを使用して、開発とテストを効率化しています。Manitowoc 社は dSPACE と協力し、食品サービス機器開発における完全にモデルベースの開発手法を確立しました。新しいプロセスとツールチェーンにより、効率性とソフトウェア品質の両方が向上しています。特に早期テスト（フロントローディング）とテスト深度の向上により、これまでの手作業の手法と比べてテストプロセスが大幅に改善されています。また、Manitowoc 社は dSPACE シミュレータを使用して、製品化までの期間を短縮し、食品サービス機器の信頼性を高めています。



Vikram Verma 氏

同氏は、米国フロリダ州ニューポートリッチーの Manitowoc Foodservice 社で HIL テスト、ラビッドコントロールプロトタイピング、およびモデルベース設計を担当するエンジニアリングマネージャ兼主任アーキテクトです。



Electronics

Take Off

Moog 社における最新アクチュエータシステムの
Real-Time Testing



現在、航空機アクチュエータアプリケーションは、油圧システムから電動アクチュエータ方式へと移行しつつあります。このような技術進化により、これまで機械装置が主流であった業界に、複雑なエレクトロニクスと組み込みソフトウェアが導入されました。このような変化に伴い、機械装置のシステム開発には、高い信頼性と性能ならびに運用中の安全性を保証できる、より効果的なテスト戦略が求められています。Real-Time Testing は、複雑な最新アクチュエータシステムの開発において重要な役割を果たしています。



Moog社は、従来技術である油圧アクチュエータの制御エレクトロニクスから、冗長電動アクチュエータシステムのセーフティクリティカルなフライトソフトウェア認証用リアルタイムシミュレータまで、幅広い用途で dSPACE Real-Time Testing ソリューションを使用しています。Moog社は、航空宇宙産業向けの主要サプライヤとして60年の実績を有しており、ハイテクコンポーネントのメーカーから飛行制御アクチュエータ統合システムのトップサプライヤに成長しました。Moog社の信頼性の高い飛行制御システムや特殊制御製品は、世界中の航空機市場に供給されています。Moog Aircraftグループは、飛行制御統合システム（プライマリ/セカンダリ飛行制御、高揚力装置、機動飛行な

どの最先端システム）から、重要制御アプリケーション（エンジン制御、アクティブ制振制御、兵器格納ベイ、航法、誘導など）まで、幅広く製品を展開しています。Moog社は、製品を統合型システムソリューションとして提供するとともに、単独のコンポーネントとしても提供しています。Moog社は飛行制御コンピュータおよびソフトウェア、コックピット制御、制御エレクトロニクスとパワードライブシステム、アクチュエータ、センサ、関連コンポーネントなどの重要制御製品の開発能力を有しています。航空機の運用に極めて重要となる幅広い製品をサポートし、かつ継続的に技術革新を図るには、厳しい設計およびテスト要求に対応できる最先端の開発環境が必要です。



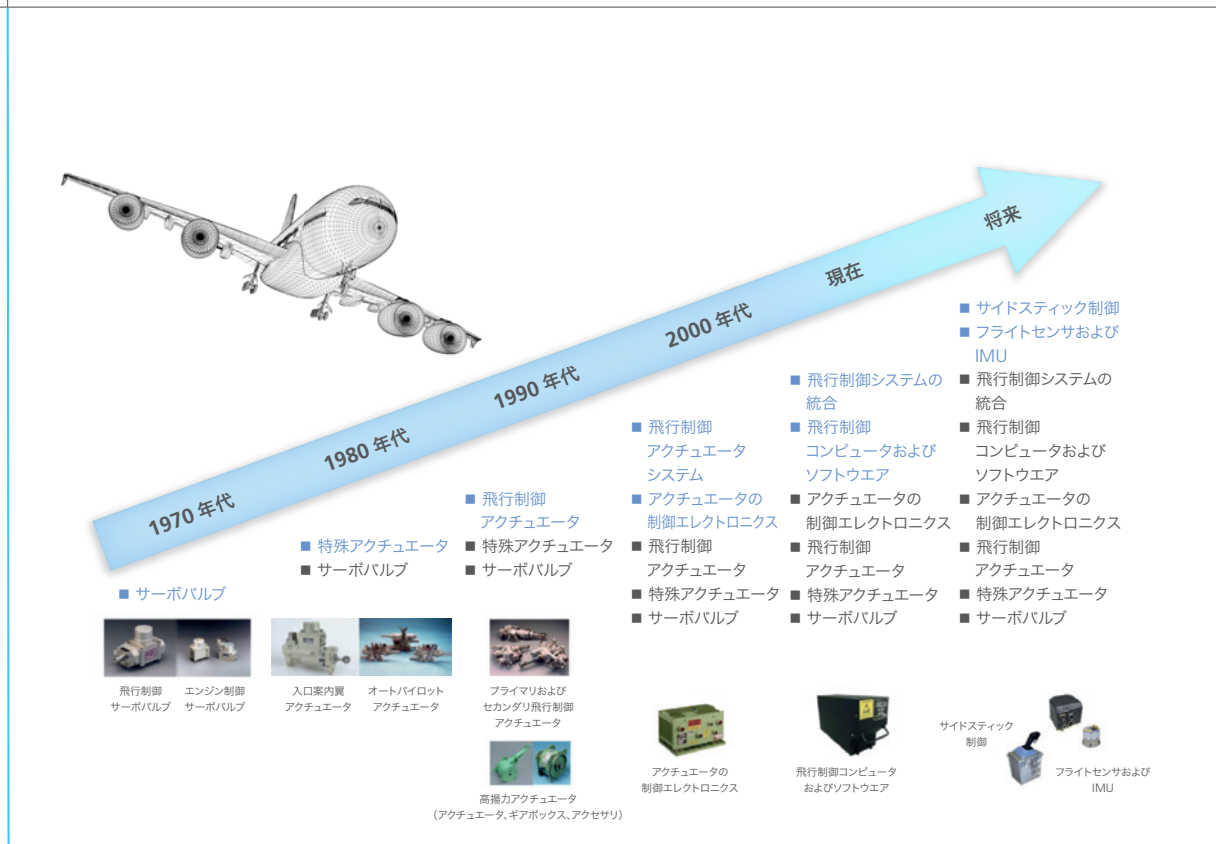


図 1 : Moog 社のコンポーネントサプライヤから統合システムサプライヤへの変遷

飛行制御アクチュエータの進化

現在の高性能航空機にとって飛行制御アクチュエータシステムは極めて重要です。人類が初めて飛行に成功して以来、これらのシステムは常に重視されてきました。初期の航空機では、機械的なリンクを介してパイロットが直接操縦翼面を動かしていました。航空機が進化するにつれて操縦翼面の負荷が大きくなり、パイロットからの操舵入力を補助するために油圧駆動が追加されました。これらのシステムは、パイロットの操舵入力に連結した油圧機器によって、操縦翼面の操舵力を補強します。時代が進むと、完全に油圧で操縦翼面を駆動するシステムへと進化します。これらの駆動システムは、パイロットからの機械的操舵入力に応じて操縦翼面を動かします。機械式油圧システムからの大きな飛躍は、フライバイワイヤシステムの導入によってもたらされました。これらのシステムでは、パイロットの操舵は飛行操縦系に直接入力されるのではなく、飛行制御コンピュータに入力され、油圧アクチュエータはコンピュータからの電気信号によって制御されます。これは大きな変革でした。この種のアクチュエータシステムは、現在運用中の多くの航空機で使用されています。アクチュエータシステムの次なる進化は、パワーバイワイヤ技術への移行によってもたらされます。パワーバイワイ

「Moog 社は、従来型油圧アクチュエータの制御エレクトロニクスから、セーフティクリティカルなフライトソフトウェア認証用リアルタイムシミュレータまで、幅広い用途で dSPACE システムを使用しています。」

David Cook 氏, Moog 社

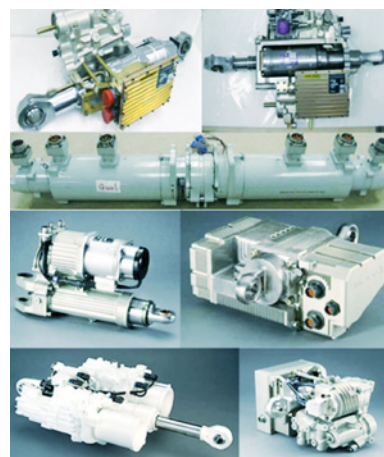
ヤシステムでは、制御と駆動の両方を電氣的に行います。パイロットの操舵は飛行制御コンピュータに入力され、コンピュータは電動アクチュエータを制御します。命令信号は、通信バス (ARINC 429、MIL-STD-1553、IEEE 1394b など) を介する電気信号または通信メッセージとして直接アクチュエータシステムへ伝達されます。アクチュエータコントローラは、飛行制御コンピュータからの命令に応じてアクチュエータの位置を制御します。以上の技術的進化に加えて、技術的および商業的レベルでの 2 つの重要な変化が、アクチュエータシステムに大きく影響しました。第 1 の変化は、航空宇宙産業が、1 社のサプライヤからコントローラとアクチュエータを含む統合されたアクチュエータシステムを調達する方向に向かったことです。その結果、システム統合の責任はサプライヤ側に移行しました。このためサプライヤは、コンポーネントサプライヤから高度なシステムエンジニアリ

ング技術を有する大規模システムのサプライヤへと、自らを変革する必要に迫られました。第 2 の変化は、アクチュエータコントローラをアクチュエータと一体化するモジュール型分散システムへと流れが向かったことです。これにより、従来はすべてが機械的であった製品に、よりいっそうの電子技術とソフトウェア技術が導入されました。これらの変化とアクチュエータの技術革新の結果として、電気機械アクチュエータ (EMA)、電子油圧制御アクチュエータ (EHA)、電気バックアップ式油圧アクチュエータ (EBHA)、制御エレクトロニクス内蔵油圧アクチュエータなどの製品が生まれました。電動アクチュエータは航空機の非与圧部で使用されるため、アクチュエータサプライヤは高高度対応の高出力電子制御システムに関する技術を開発する必要がありました。これらの動向によってシステムとコンポーネントは大幅に複雑化し、高度な開発プロセスとテスト能力が要求されるようになりました。

最新アクチュエータシステムの開発プロセス

前述の通り、アクチュエータ単体から統合システムへの変革は、開発プロセスに新たな課題を突きつけます。特に要求管理、システムの解析と設計、システム統合、システムの検証と妥当性確認といった領域が課題となります。以下では、アクチュエータシステムの開発に関連するいくつかの課題の要点を示します。システムが複雑化するにつれて、要求管理とトレーサビリティが重要となります。このプロセスにおいては、システムレベルの要求を個々のコンポーネントレベルの要求に落とし込み、それらを各開発チームに適切に割り当てることが重要です。統合システムの要件を満たすには、各システムコンポーネントが必要とするすべての機能を備える必要があり、そのためには要求を各チームに適切に割り当てて指示を伝達することが不可欠です。また、すべてのシステムおよびコンポーネントの要件を適正に検証するために、要求トレーサビリティが重要なツールとなります。システムが複雑になると、システムレベルの解析と設計もより困難になります。シ

ステムの各コンポーネントを安全に動作させるには、効果的なシステム設計が必要です。多くの場合、これには故障を検出するためのシステムモニタ、システムの健全性を判定するためのビルトインテスト (BIT)、および冗長システムエレメントの動作を管理するためのロジックが必要です。設計および解析プロセスにおいては、個々のシステムコンポーネントの最適化だけでなく統合システムとしての最適化が図られるように統制が必要となります。システムが複雑化するほど、各コンポーネントをシステムレベルに統合した状態で正しく機能させるための工数が増大します。システムレベルの統合では、各システムコンポーネントをどのようにアクチュエータシステム全体に統合するのか、そしてアクチュエータシステムをどのように他の航空機システムと統合するのかといったことを定義し、テストします。ハードウェアおよびソフトウェアコンポーネントは、相互に作用することでシステムの安全性を確保しながら必要なシステム機能を実行する必要があります。システム統合では、設計プロセス全体を通してシステムの相互作用を管理し、最終的に



リモートエレクトロニクスを備えたアクチュエータ

ロータリー型のプライマリ EMA

リニア型のプライマリ EMA

EHA と EBHA

図 3 : 航空機のアクチュエータシステム

ラボ環境で実際のシステムを統合します。システム統合では、システムを動作可能な状態に構築するだけでなく、システムが不適正または危険な挙動を示さないことを確認するためのテストを実施する必要があります。システムに問題が見つかった場合、それらを解析して原因を追跡し、システムが安全に動作してシステム要件を満足できるよう対策する必要があります。システムを構築して統合した後は、システムが所定の要件を満たしていることを検証する必要があります。プロジェクトによっては、FAA (アメリカ連邦航空局) または EASA (欧州航空安全局) の航空機認証に対応するためのテストが必要です。認証においては、一般的にソフトウェアは DO-178 を順守する必要があり、複雑な電子ハードウェアは DO-254 を順守する必要があります。航空機アクチュエータシステムの開発プロジェクトでは、目的とする動作環境下でシステム性能と安全性を検証するために、広範囲に及ぶテストが必要です。システムが複雑化するほどテストも複雑になります。コンポーネント主体のテストでは、システム要件を十分に検証できません。システム挙動を検証するためにシステムにスティミュラスを与えてシステム応答を計測するには、複雑なラボ設備が必要です。検証および認証プロセスを完全に実施するには、正しい要件に対して正しいシステムを正しい方法でテストするための厳密な文書管理が必要となります。

図 2 : アクチュエータシステム開発におけるプロセス課題





「Moog 社は、1991 年から dSPACE Real-Time Testing システムを商用航空機、ビジネスジェット、無人航空機などの開発に活用しています。」

David Cook 氏、Moog 社

リアルタイムテストの用途と利点

前述の課題領域のシステム統合とシステム検証では、自動化したリアルタイムテストシステムの使用が効果的です。このため、Moog 社は開発プロセス全体を通して、これらのシステムをさまざまな用途で使用しています。リアルタイムシステムの用途として、いくつかの例を下表に示します。モデルベースのリアルタイムシミュレーションシステムによって、Moog 社のテストシステムの柔軟性が向上しました。Moog 社は、リアルタイムテストシステムを使用して、アクチュエータのテストではコントローラをエミュレートし、制御ソフトウェアのテストではアクチュエータをエミュレートし、統合システムのテストではシステム入力をエミュレートしてシステム応答を計測しています。さらに、自動化テスト

では、複雑なテストシーケンスを再現性の高い厳密に定義された方法で実行できます。これにより、システムの変更とバリエーションに関する回帰テストを短時間で実施できます。自動化され厳密な定義が可能なリアルタイムシステムでは、再現困難なテスト条件をラボ環境で実現することもできます。これは特に、より完全かつ綿密な FMET (故障モードとその影響のテスト) を可能にします。例として、アクチュエータの不具合条件をシミュレートすることで、コストのかさむテストハードウェアを必要とせずに、アクチュエータ関連の故障検出アルゴリズムをテストできます。これらの特長により、総合的なテスト能力が向上し、結果としてコストを大幅に節減できます。Moog 社は、1991 年から dSPACE の Real-Time Testing システムを活用し

ています。Moog 社は、大型商用航空機向けアクチュエータ製品の開発に初めて dSPACE テストシステムを導入しました。それ以来 Moog 社は、dSPACE Real-Time Testing システムをさまざまなプロジェクトにおいて幅広い用途で活用してきました。Moog 社は現在 20 ~ 30 のテストシステムを保有し、それらの適用範囲をさらに拡大しつつあります。dSPACE Real-Time Testing システムは V-22、F-117、B-2、X-35、F-35、A400M、KC-46、787、A350、無人航空機、ビジネスジェット、商用航空機などの開発プログラムで使用されました。

適用例

Moog 社が複雑なアクチュエータシステムの開発に dSPACE ベースの Real-Time

テスト目的	用途	例
アクチュエータコントローラのエミュレーション	<ul style="list-style-type: none"> ■ アクチュエータ受入れテスト ■ アクチュエータ認証テスト 	<ul style="list-style-type: none"> ■ アクチュエータ受入れおよび認証テスト向け FCC アクチュエータ制御規則のエミュレーション
テストシステムの制御	<ul style="list-style-type: none"> ■ 各種形態のテスト 	<ul style="list-style-type: none"> ■ アクチュエータまたはシステムテスト用の動的負荷システムの制御
コントローラプロトタイピング	<ul style="list-style-type: none"> ■ コンポーネント開発テスト ■ アクチュエータ開発テスト 	<ul style="list-style-type: none"> ■ バルブテスト用制御ループの提供 ■ アクチュエータ開発用の制御プロトタイピング
アクチュエータのシミュレーション	<ul style="list-style-type: none"> ■ コンポーネント開発テスト ■ ソフトウェアおよびシステム統合と検証テスト 	<ul style="list-style-type: none"> ■ コンポーネントレベルテスト (EHA ポンプ) 用のアクチュエータシミュレーション ■ システムまたはソフトウェアテスト用の機械的および電気的エレメントのシミュレーション
外部システムのシミュレーション	<ul style="list-style-type: none"> ■ システムおよびソフトウェア統合と検証テスト 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 統合および検証テスト用の飛行制御コンピュータのシミュレーション

図 4 : Real-Time Testing の用途と利点



図 5 : dSPACE を使用してテストされた Moog 社製アクチュエータシステムを搭載した航空機

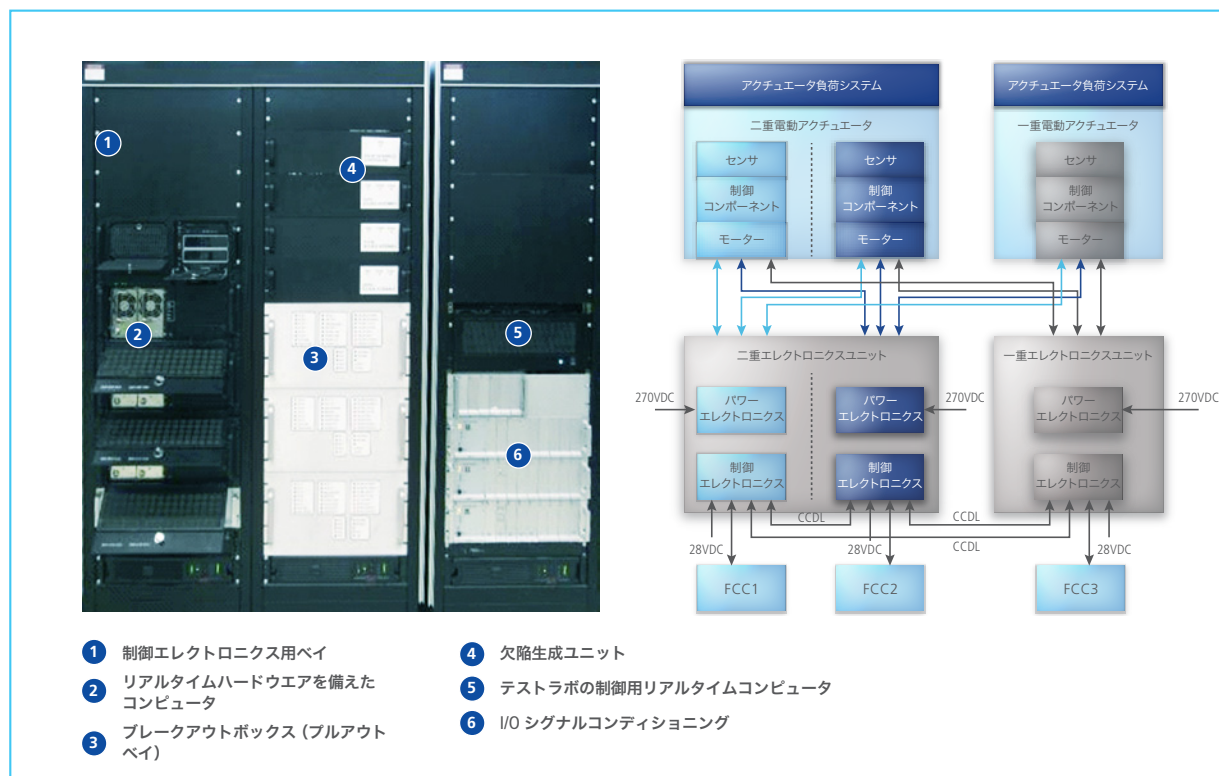


図 6 : 左 : 電動アクチュエータシステム向けのシステムソフトウェアワークステーション
右 : 三重冗長電動アクチュエータシステムのテストにおけるワークステーションの使用

Testing システムを採用した 3 つの事例を以下に挙げます。

1. 電動アクチュエータシステム向けのシステムソフトウェアワークステーション

最初のテストシステム (図 6) は、三重冗長電動アクチュエータシステムのテストに使用されています。このテストシステムでは、ソフトウェアの検証と統合システムのテストが可能です。このシステムは、ソフトウェアテスト向けに HIL (Hardware-in-the-Loop) プラットフォームとして機能し、統合システムテストには計測、制御、およびデータ収集機能を提供します。ソフトウェアテストでは、三重冗長システムのパワーエレクトロニクスとアクチュエータのリアルタイムシミュレーションが可能で

す。このテストシステムは、5 台のラックマウントシャシーに実装されたマルチプロセッサ構成の 7 枚の DS1005 プロセッサボードを含みます。ハードウェアには、欠陥生成機能を備えた 3 つの IEEE 1394 バスと、3 つの専用 CCDDL バスも含まれます。モーター制御ソフトウェアにリアルタイムフィードバックを提供するために、高性能モーターモデルは 30kHz を超えるレートで実行されます。このシステムは 780 余りの I/O チャンネルを備えています。シミュレータ機能はソフトウェアテストと、再現困難な故障条件でのシステムテスト用に使われます。これらのテストは自動化されており、バッチ方式で実行できるため、無人または遠隔監視によるテストが可能です。プラントをシミュレートすることで、

クローズドループ環境でソフトウェアをテストできます。このテストステーションにおける高忠実度シミュレーションは、システムラボでの問題解決に要する時間も短縮します。自動化ソフトウェアテスト環境を活用することで、システム構成あたりのソフトウェア検証に要する時間が 2 週間から 2 日に短縮されました。

2. 商用航空機制御システム向けのシステムソフトウェアワークステーション

2 つめの適用例 (図 7 ~ 9) は、商用航空機の飛行制御システム用のテストシステムです。最初の適用例と同様に、このテストシステムでも、統合システムのテストとソフトウェアの検証を 1 つのプラットフォームで実行できます。このテストシステムでは、

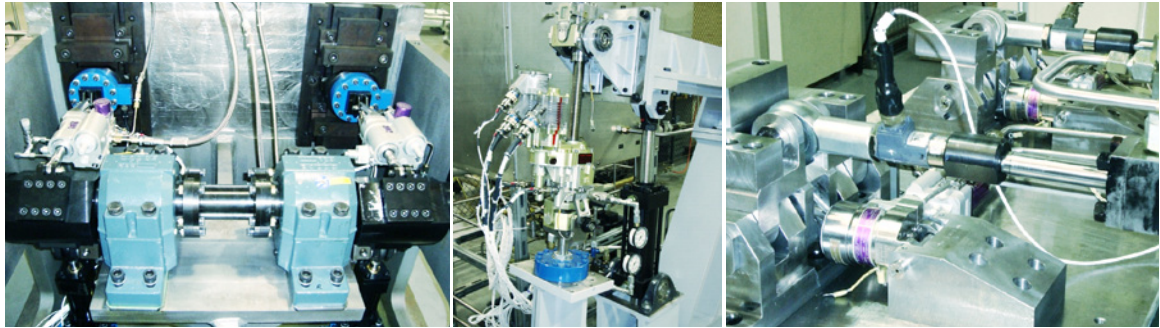


図7：商用飛行制御システム用アクチュエータのテストリグ（左：ラダー用アクチュエータのテストリグ、中央：HSTA テストリグ、右：スポイラ用アクチュエータのテストリグ）

実際のコンポーネントのテスト、個々のコンポーネントのシミュレーション、システム全体のシミュレーションを実行できます。このシステムでは、実際のパイロットからの操舵入力を使用することも、シミュレートした操舵入力を使用して同一条件のテストを繰り返し実行することもできます。テストラボは各種のアクチュエータハードウェアと、それらに対応するアクチュエータテストリグを備えています。さまざまなアクチュエータテストリグがテストシステムに接続されます。テストシステムは、それらのアクチュエータテストリグを制御および監視します。テストハードウェアとテストリグの例を下に示します。この適用例の飛行制御システムは、高揚力装置の操縦翼面も制御します。高揚力装置のテストリグ

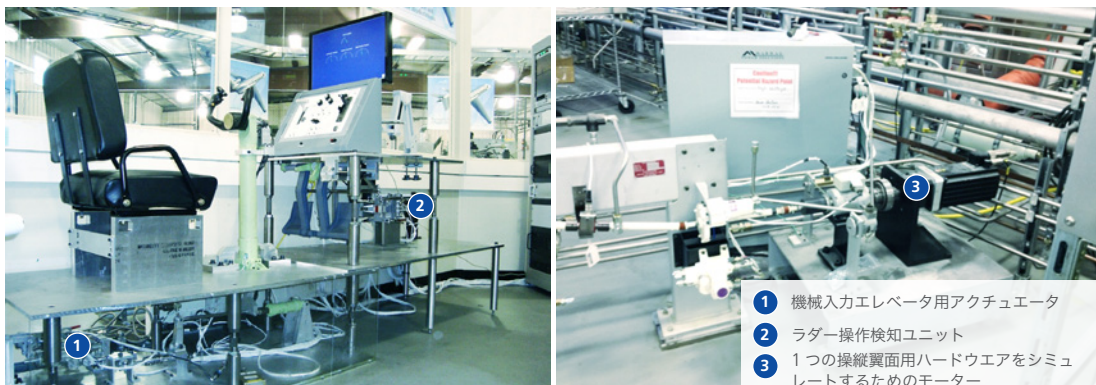
は、下に示すように、1つの操縦翼面を駆動するためのハードウェアを備えています。他の操縦翼面は、負荷モーターとリアルタイム制御を使用してシミュレートされます。このような構成により、ラボ内のテスト装置の設置スペースを削減できます。また、実際のハードウェアでは再現困難な複雑な不具合発生シナリオをテストすることも可能です。このシステムは、マルチプロセッサ構成の7枚のDS1005プロセッサボード、16 Tx/RxチャンネルのARINC 429、シミュレーションと実際のハードウェアの切り換え用リレー、約400チャンネルのI/Oを収めた2台のPX20シャーシで構成されます。このシステムは欠陥生成機能を備えており、テスト環境内の各種テストリグを単体またはシステムとして使用

できます。自動化テストにより、ソフトウェアおよびシステム要件の公式な検証が可能です。このクローズドループ環境は、統合システムと組み込みソフトウェアに効果的な開発および認証プラットフォームを提供します。

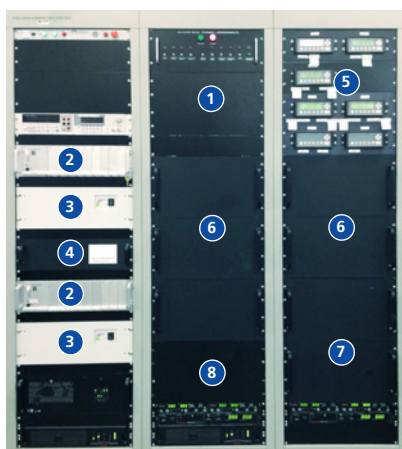
3. ポンプテスト用の仮想電子油圧制御アクチュエータ (EHA)

このシステム（図10）は、飛行制御EHA用ポンプの開発向けに優れたテスト能力を提供します。飛行制御EHAの油圧ポンプには、断続使用、動作と負荷の反転、高加速度といった特異な要求が課せられます。アクチュエータレベルのデューティ比からポンプのデューティ比を導出することは、大幅な不確実性を伴います。そのた

図8：左：等価制御と飛行制御ハードウェアを備えたパイロット操縦ステーション
右：商用飛行制御システム用高揚力装置のテストリグ



- ① 機械入力エレベータ用アクチュエータ
- ② ラダー操作検知ユニット
- ③ 1つの操縦翼面用ハードウェアをシミュレートするためのモーター



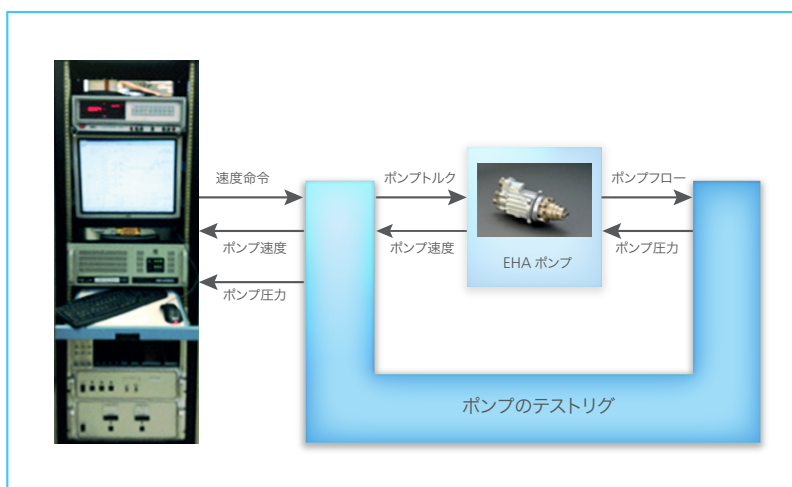
- ① 高揚力装置用モーター制御のシミュレーション
- ② シミュレータ I/O のコンディショニング
- ③ dSPACE PX20 拡張ボックス
- ④ リレーコントローラ
- ⑤ テストリグ用負荷制御
- ⑥ FIU/ 切り換えリレー
- ⑦ シミュレータ負荷
- ⑧ ARINC 相互接続

図 9：商用飛行制御システム用テストシステムのハードウェア

め、ポンプ寿命テスト用のテストシステムとして仮想 EHA がモデル化され、新型 EHA ポンプのリスク緩和テストに使用されました。このテストシステムは、アクチュエータ内で動作中のポンプに生じる条件と等価なテスト環境を提供します。仮想 EHA を組み込んだリアルタイムテストシステムを使用することで、寿命期間を通してのポンプ特性に関連する多くの不確実性が取り除かれ、正確で有意な結果が得られました。■

David Cook 氏,
Moog Aircraft Group

図 10：電子油圧制御ポンプ用のテスト環境



まとめ

現在のアクチュエータシステムは、アクチュエータ装置とエレクトロニクスおよびソフトウェアの統合によって、大幅に複雑化しています。電動アクチュエータ化の動向により、アクチュエータシステムの開発にはモーター制御技術が不可欠となりました。これらの技術進化により、飛行制御アクチュエータシステムの開発に新たな課題がもたらされました。dSPACE テクノロジに基づく Real-Time Testing システムが備える優れたテスト能力により、Moog 社は複雑なアクチュエータおよび飛行制御システムの開発に伴う厳しいテスト要求を満たすことができました。

David Cook 氏
Moog Inc.
(米国、ニューヨーク州、イーストオーロラ)
システムエンジニアリングマネージャ



Highly Dynamic Testing

ECU 機能の妥当性確認
アプリケーションにおける
永久磁石モーターの
リアルタイムモデリング



VALEO 社の Functional Validation Laboratory (フランス、クレティユ) は、ハイブリッド車プロジェクトの一環として、永久磁石モーターをエミュレートするための HIL ベンチを開発しました。このシステムは非常に高速な動特性を備え、より精密な電気モデルが必要とされるため、VALEO 社は最新の FPGA ベースモデリング技術の導入を決定しました。

VALEO 社のハイブリッド技術

VALEO Power Electrical System は、VALEO 社のパワートレイン事業グループの 1 部門として、革新的なハイブリッド技術の開発に非常に優れた成果を上げ、それらの技術は OEM 各社で採用されています。ハイブリッドおよびマイルドハイブリッド車向けの製品開発において、VALEO 社は自社製モーターを制御するためのソフトウェアの設計、開発、妥当性確認で大きな課題に直面しています。

制御ソフトウェアの設計と評価

電子制御ユニット (ECU) に実装されるソフトウェアは、コード開発フェーズの後にテストする必要があります。制御ストラテジと関連ソフトウェアは、さまざまな手順を通してテストされます。HIL (Hardware-in-the-Loop) テストは、開発サイクルの段階に応じて、永久磁石モーター (PMEM) のモデルまたは実機に接続された ECU によって行われます。シミュレーションを使用することで、実機テストでは

再現が非常に困難な条件を含む任意の状態またはシナリオ (破壊テスト、動作レンジを超えたテスト、ロバスト性解析など) で制御アルゴリズムを評価できるという利点が得られます。また、実機テストを行わないので、当然コストも削減できます。

ハイブリッドドライブの機能検証

機能検証部門を擁する VALEO Power Electrical System では、長年にわたって HIL ベンチによる ECU 量産コードの評価および妥当性確認を行ってきました。自動車へのハイブリッド技術の導入が進む中、当社の新規プロジェクトの数も増加しています。そのため、モーターはますます高出力化することになり、高度に複雑化した制御アルゴリズムとストラテジの開発と妥当性確認が必要となっています。システムが複雑化する一方の中で、市場要求に応えるには、従来の開発期間を遅らせないだけでなく短縮することさえ要求されるため、開発プロセスの継続的な改善が不可欠となります。VALEO Power Electrical



図1：XSG Electric Component Library を使用してシミュレートされたモーターの1つ

System の Functional Validation Laboratory は、新技術がどれほど複雑であろうとも、それらの妥当性確認と評価に必要なソリューションを研究開発チームに提供しなければならないという困難に直面しました。

マイルドハイブリッド車開発プロジェクト
マイルドハイブリッド領域のプロジェクトに

「オープン性と柔軟性に優れる dSPACE E-Drive ソリューションは、マイルドハイブリッド車プロジェクトを期限内に完了させるために理想的な働きをしてくれました。」

Stéphane Fourmy 氏、VALEO Power Electrical System

向けて、新型 PMEM の制御ストラテジを開発および検証する必要がありました。VALEO 社にはモーター、インバータ、レゾルバを制御するための ECU 量産コードを開発することが求められました。モーター出力、新型モーター、センサの変更といった課題に対処するため、このプロジェクトには相当量のモデリング作業が必要でした。ECU コードのテストには、従来通り HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションが使用されました。

高速応答性のための FPGA

システムには高速な動特性が要求されるため、リアルタイム HIL テクノロジーへの変更が必要でした。適用可能なソリューションを調査したところ、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA) に非常に高速な応答性を期待できることが判明しまし

た。また、FPGA は、モデリングおよびシミュレーションを目的とするプログラミングが簡単にできるよう、大幅に改善されていることも分かりました。すばやく容易なプログラミングを可能にするソリューションが成功への鍵であるとの考えの下に、FPGA の導入が決定されました。次に、考えられるいくつかの製品案の比較検討が行われました。ここでは、技術的な性能に加えて、開発に要するコストと各ベンチの開発時間も考慮されました。

E-Drive 用の HIL システム

VALEO 社は数年間の使用によって dSPACE ツールに習熟していました。また、開発日程も限られていたことから、最適なソリューションとして dSPACE DS5203 FPGA ボードが採用されました。HIL テストベンチは、DS1006 プロセッサ

図2：VALEO 社のデモ用ハイブリッド車の構成



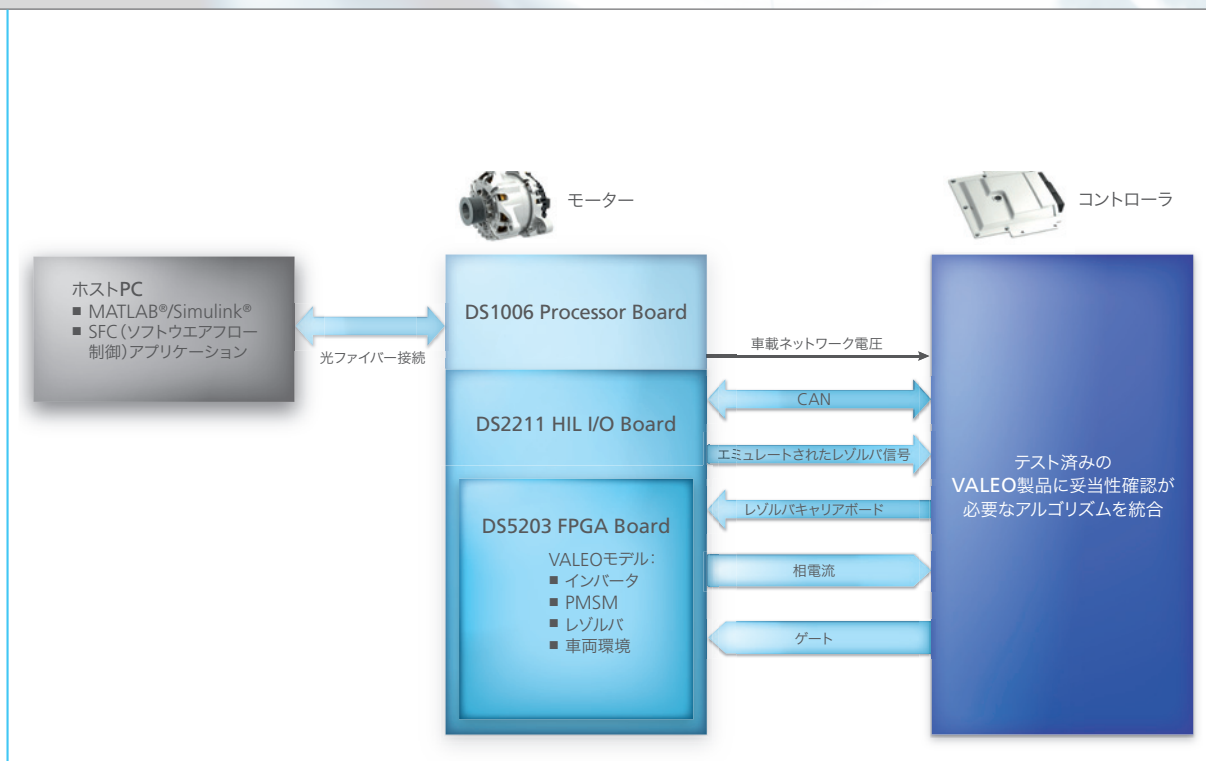


図3：永久磁石モーターをエミュレートするためのHILシステムの構造と信号

ボード、DS2211 HIL I/O ボード、およびPX10 拡張ボックスに実装したDS5203 ボードで構成されます。ECU 上の量産ソフトウェアをテストする場合、ECU への接続には外部ブレイクアウトボックス (BoB) を使用します。

電気システムのモデル

電気システムモデルの開発には、dSPACE Automotive Simulation Model (ASM) 製品ファミリのXSG Electric Component Libraryを使用しました。このライブラリはXilinx®のXSGプログラミングブロック線図に基づいて構成されており、Xilinx FPGAはSimulink®でグラフィカルにプログラミングできます。まず、開発担当者はASM XSG Electric Component Libraryとそのモデルの1つ(永久磁石同期モーター)の習得に努めました。Functional Validation Laboratoryは、バーダーポルンにあるdSPACE本社で、新しいASM XSG電気コンポーネントモデルとFPGAボードの実践トレーニングを受けた後、VALEO社の要件に基づいてモデルの適合を行いました。ASM XSG電気モデルは、SimulinkではオープンXSGブロックとして利用できるため、要件の変化に応じてモデルを容易に変更でき、新しいブロックも簡単に追加できます(たとえば、温度と電流の関数としてパラメータを変化させたり、高調波歪みや経時劣化

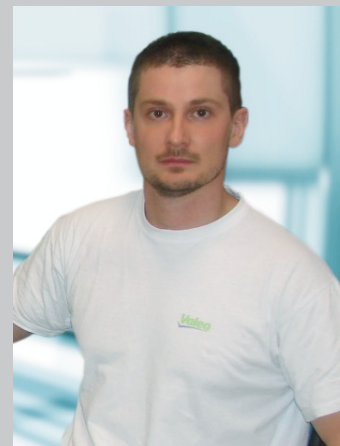
をモデルに導入することが可能)。このような柔軟性により、モデルとベンチを実際のプロジェクトの要求に適合させることができました。VALEO社またはOEM各社の近い将来のハイブリッド車プロジェクトにおいても、今回のプロジェクトと同様に新型メカトロニクスの妥当性確認を柔軟に行えると考えています。

E-Drive テストベンチの使用例

新しいベンチを使用した初のハイブリッド車プロジェクトは成功しました。このベンチでは既に次のプロジェクトが予定されています。現在、機能検証部門は、このベンチを新しい電気システム向けに再設定および調整する準備を進めています。同期モーターのより複雑なモデル(複合励起、二重星形結線モーターなど)の開発から得た経験は、次のプロジェクトにも役立てることができます。MATLAB、Simulink、およびdSPACEツールはモジュラー方式であるため、テストベンチ適合を担当するチームは、各種ブロックを容易にテストして、すばやく結果を得ることができます。これはこの種のツール製品の強みであると言えます。■

Stéphane Fourmy 氏、
VALEO Power Electrical System

Stéphane Fourmy 氏
VALEO Power Electrical System (フランス、クレティユ)、Functional Validation Laboratory のリーダー





smart

現在、脳神経外科および心臓胸郭部手術で骨組織を安全に切断するための半自動ハンドヘルド手術用のこぎりが開発されています。外科医と「インテリジェントな機器」の連携により相乗効果が発揮されます。外科医が骨表面で切開経路に沿って機器を誘導し、医学的見地からプロセス制御を行う一方で、コンピュータ断層撮影法（CT）、超音波、および光センサを組み合わせた dSPACE リアルタイムハードウェアにより、切開深度は完全に自動で調整されます。

心臓、胸郭、および脳外科手術用
半自動のこぎり

CUT— Safe Surgery



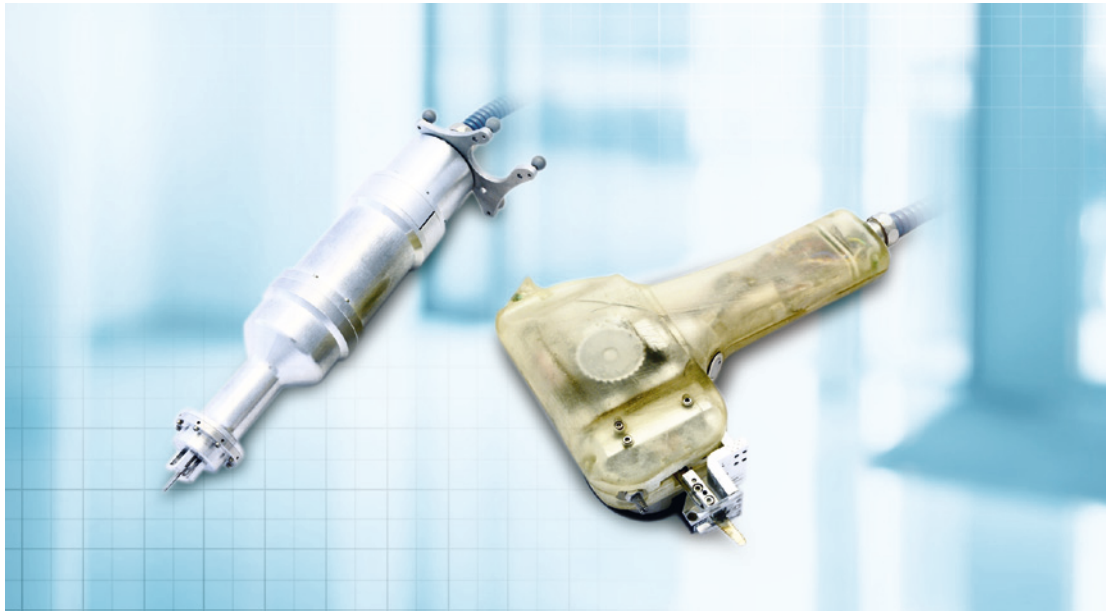


図 1：新しい半自動 smartCUT 手術用のこぎり（左：頭蓋骨切開用対称回転機器、右：直線の切断向けに最適化された胸部外科手術機器）。

軟組織の外傷を回避

今日の最適な条件下でも、骨構造に直接附着している主要な軟組織を脳外科手術や心臓胸部手術で切断するといった外科的処置では、多くの重大な課題が残されています。外科的処置を安全に行い、患者にとって最高の結果をもたらすには、経験豊富な外科医同士が緊密な協力を行うしかありません。ただし、緊密な協力が行われたとしても、比較的高い合併症リスクがどちらの場合も伴います。このため、手術器具の改良は、患者の安全を大幅に向上させるのに役立つ可能性を秘めています。このような理由で、アーヘン工科大学のメディカルエンジニアリング学部では、胸骨切開や開頭時の軟組織構造への外傷を回避する目的で smartCUT 半自動のこ

ぎりを開発しています。この新しい機器では、外科医との相乗的相互作用が重要です。触覚および視覚フィードバックにより、外科医は手順を直接監視することができます。予期せぬ出来事への対応力など人間のもつ高い認知能力に、機械による高精度と信頼性を組み合わせることで、理想的な相乗的相互作用を実現できます。

切開深度の高度な制御

新しい機器の高機能切開深度制御では、軟組織の損傷回避のために特別に調整されたのこぎり切断法にセンサベースの制御を採用することで、最適な軟組織保護を実現しています。軟組織は、のこぎり刃の円振動により保護されます。硬い骨構造とは異なり、軟組織は刃とともに振動す

るため、外傷をある程度避けることができます。この手法は、骨を切開したり、空間位置などのセンサデータや医学画像によって切開深度を決定する際の細かいエラーを相殺したりするのに必要となります。センサベースで切開深度を制御するために、3つの異なる手法が開発およびテストされました。

■ CT ベース：

切開深度をリアルタイムに制御するために、dSPACE リアルタイムシステム上で術前コンピュータ断層撮影法 (CT) スキャンによる 3 次元多層画像処理、および (患者に対する機器の相対的位置を判断する) 光学追跡システムを使用します。今日の脳神経外科では、CT 画像処理による光学的な機器の追跡といっ

「dSPACE リアルタイムシステムの柔軟性により、短期間で各種センサと画像処理モダリティをシステムに合わせて調整できました。比較的少ない労力で、キネマティクスや自由度が異なるシステムにも応用できます。」

アーヘン工科大学、Alexander Korff 氏

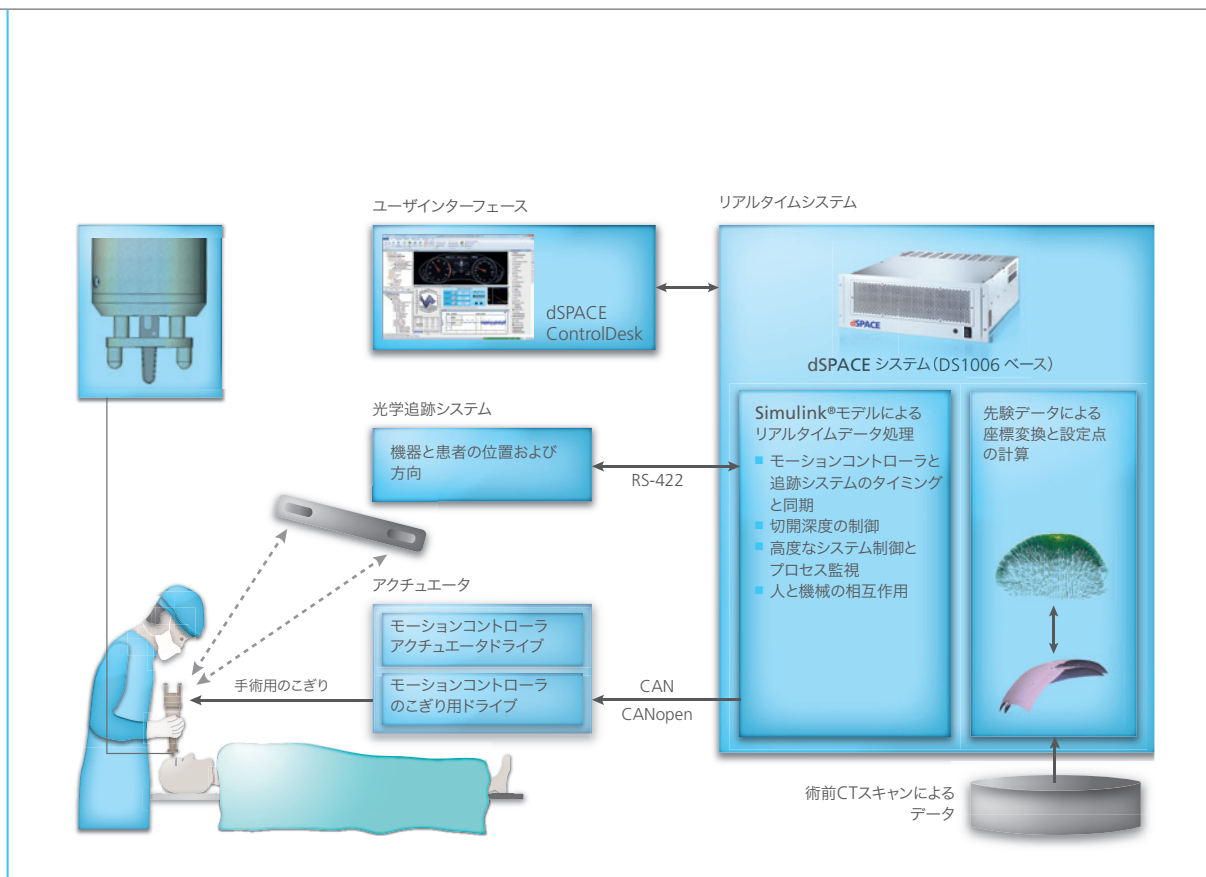


図 2 : コンピュータ断層撮影法 (CT) データを使用した smartCUT による開頭手術。

た手順が必須であり日常的に使用されています。

■ 超音波 :

CT ベース手法では外科的処置前にデータを収集する必要がありますが、超音波では、データは手術中に超音波プローブを介して取得できます。この手法は、胸骨正中切開などに必要な直線的切開に最適です。CT ベースの手法と同様に、dSPACE リアルタイムシステムを使用して切開深度を制御します。ただし、CT 手法とは対照的に、位置データはリアエンコーダで取得されます。

■ 光学センサ :

のこぎり刃にはカラーセンサ搭載の光ファイバが統合されており、のこぎり刃の先端が骨または軟組織に接触しているかどうかを判断します。他の 2 つの手法とは異なり、この手法では骨と軟組織間の分割表面に対するのこぎりの刃先の相対位置を直接的かつ継続的に特定できます。dSPACE リアルタイムシステムにより、骨と軟組織を確実に区別し、切開深度を制御できます。

smartCUT では、人間と機械の相乗作用に重きが置かれています。外科医はプロセ

ス全体を制御し、医学的に最も適切な切開経路を自由に選択できます。また、自分の経験により切開速度などの個々のパラメータを指定することができます。切開深度の安全な制御や監視など、のこぎり切開プロセスにおいて手作業では適切に制御できない部分については、技術システムが制御します。このため、特にオンラインで提供および処理する必要があるデータ (CT データの各部など) に関して、リアルタイムシステムと制御アルゴリズムには厳しい要求が課されます。

smartCUT のモデルベース開発

smartCUT で使用されているリアルタイムシステムには、クワッドコア DS1006 プロセッサボードおよび各種 I/O ボード (DS3001、DS4003、DS4201-S、DS4302) を拡張ボックスに設置した dSPACE システムが採用されています。ソフトウェアは、ControlDesk® 試験ソフトウェア、Real-Time Interface (RTI)、RTI CAN MultiMessage Blockset、およびハードウェアに CAN バスを接続するための CANopen Master Solution を使用します。リアルタイムシステムは、切開深度の制御、データ取得および処理、人と機

smartCUT について

smartCUT は、心臓胸部部および頭蓋手術用の半自動手術用のこぎりです。

- 隣接する軟組織の外傷を避けながら骨構造 (頭蓋骨、胸部) を安全に切断
- 特殊なのこぎりキネマティクス (微細振動) により軟組織を保護
- インテリジェントなセンサベースの切開深度制御 : CT、超音波、および光学センサ
- dSPACE リアルタイムシステムにより、センサデータの取得および評価、安全性、人と機械の相互作用、およびシステム全体の制御を実現



インタビュー

ルール大学ボーフム大学病院の脳神経外科では、パイロットプロジェクトで smartCUT の実地テストを実施しました。外科医の Prof. Dr. Kirsten Schmieder に印象を説明してもらいます。

人工頭蓋骨で作業をするとき、半自動手術用のこぎりの操作は従来の手法と比較してどのような特色がありますか。

当院では人工頭蓋骨で従来の手法を使用した経験もあるため、両者の比較を正しく行うことができます。当院での経験では、現在提供されているこのプロトタイプは非常に扱いやすいと言えます。

外科医にとってこの機器の利点は何でしょうか。

smartCUT 機器の使用には 2 つの利点があります。まず、穿頭時に硬膜

を誤って切開する頻度を抑えることができると思います。次に、切り口が狭くなるため、頭蓋骨弁を再び取り付けただ後で不適切な骨形成や閉鎖が発生するリスクが低下します。これは外科的手術の結果全体に影響するものであり、注目が高まるのも当然のことです。

実際の患者への利用可能性をどのように評価されますか。

この機器が製品化されれば、既に確立されているテクノロジーに取って代わるか、少なくともそれらを補完する可能性は大いにありと考えています。現在のプロトタイプは製品化に貢献できることを非常に嬉しく思います。

インタビューにご協力いただき、ありがとうございました。



ドイツ、ルール大学ボーフム大学病院
脳神経外科部長、
Prof. Dr. Kirsten Schmieder

械の相互作用などの制御全体を担当します。dSPACE ツールを使用したモデルベース開発は、以下のようないくつかの点で有利であることが証明されています。

- 統合データ処理ワークフローが提供されます。まず、画像および信号処理（データプリプロセス処理）が MATLAB®/ Simulink® で実行され、その後、システムの制御が Simulink で作成されてオフ

ラインでテストされます。dSPACE RTI ブロックが統合され、プリプロセス処理されたデータがモデルに直接統合され、テストは dSPACE リアルタイムシステムで実行されます。ControlDesk と MATLAB/ Simulink は、計測データの取得と評価に使用されます。

- CT および超音波スキャンからのデータ量が多い場合でも、画像および信号処理機能をモデルに簡単に統合して

dSPACE リアルタイムハードウェアで使用できます。

- このソリューションは、透過的な全体モデルとして利用できます。また、アーヘン工科大学の学生やスタッフでも容易に操作し、より高いレベルに発展させることができる統一ツール環境を備えています。

- このモデルベースの手法とモジュール型 dSPACE システムにより、smartCUT 向けに開発したモジュールを手術や医療で

使用する他のメカトロニクスシステム用に調整することも容易です。

パイロットプロジェクトの結果

この機器の最初の実地テストにより、3つの手法の異なる特徴と利点が明確に実証されました。

■ CT ベース :

実際の現場では、術前 CT スキャンによる構造の計測と実際の切開間の差が、エラーの連鎖を引き起こす要因になります。特に課題となるのは、光学的な追跡精度の限界とシステム全体の複雑性です。ただし、発生したエラーは固有の軟組織保護 (のこぎり刃の円振動) によって相殺できます。この手法は、必要なシステム (光学追跡など) と手法 (患者座標系への画像データの登録など) が既にニューロナビゲーション手順として確立されている脳神経外科分野で特に使用される可能性があります。

■ 超音波 :

この手法は CT ベースの手法とは異なり、光学追跡や CT データを必要としないので、特に心臓胸部手術に適しています。超音波プローブを使用して相互運用データを取得できるということは、単純なニアエンコーダにより空間位置と計測データを直接関連できることを意味します。

■ 光学センサ :

この手法は、両方の医療用途に適していることが証明されています。計測データは切開時に取得されるため、術前や術中に追加の画像処理は必要ありません。そのため、この手法は、2つの外科的処置の標準ワークフローに非常によく似ています。■

アーヘン工科大学メディカルエンジニアリング学部の好意により掲載

まとめと今後の展望

3つの異なる手法での smartCUT 機器の実現可能性を実証するために、人工骨で包括的な臨床試験を行いました。近い将来、研究の重点は、制御技術のさらなる最適化や、のこぎり刃へのセンサ統合の改善に移ることが予想されますが、dSPACE リアルタイムシステムが、開発と制御の最適化において決定的な役割を担い続けることは確実です。

この研究資金の一部は、連邦教育科学研究技術省 (01EZ0841 - STS)、ノルト・ライン・ヴェストファーレン州経済研究技術省、およびヨーロッパ地域開発基金 (280155601 - smartCUT) によって提供されています。

Alexander Korff 氏

アーヘン工科大学メディカルエンジニアリング学部の研究員、高性能機器およびロボティクスグループのチームリーダー



Dr. Klaus Radermacher

(Univ.-Prof. Dr.-Ing.) アーヘン工科大学メディカルエンジニアリング学部長



環境に優しい CO₂ 排出量ゼロの超小型車。左：センターコンソールに取り付けたジョイスティック（初期プロトタイプの仮付け状態）、右：トランクに設置した MicroAutoBox と 12V 電源インバータ

Electric Parking

既存システムに短期間で X-by-Wire 制御システムを統合





Continental Automotive 社 (フランス) は、欧州を基盤とする POLLUX プロジェクトの一環として、セミオートマチック式 X-by-Wire パーキングアシストシステムを設計し、電気自動車 TH!NK City のデモ車両に実装しました。この際、同社はラピッドコントロールプロトタイピングシステムである MicroAutoBox を使用することで、信頼性の高いステアリング制御をすばやく実現できました。

超小型電気自動車用の X-by-Wire パーキングアシスト

このパーキングアシストシステムでは、ドライバーが駐車操作中にジョイスティックを操作することで、ステアリング、ギア、駆動モーターを同時にセミオートマチック方式で制御します。このシステムはタイヤの切り返しと前進/後退を自動的に繰り返すため、ドライバーは駐車操作中にペダル、ギアセクタ、ステアリングホイールを何度も操作する必要がありません。ジョイスティックの位置の座標に対するベクトル制御を定義することで、駐車操作中の車両の進行方向、速度、移動量を高精度に設定および調整できます。これは、電気自動車に搭載されたモーターとトランスミッションを高速かつ正確に制御することで可能になります。

すばやい機能実装

この新機能の実装には MicroAutoBox[®] (第 1 世代) を使用することで、車両の既存パワートレイン制御ユニット (PCU) に対する大幅な改造を避けることができました。MicroAutoBox は豊富な I/O を備えているため、システムに必要な各種の信号 (論理信号、アナログ信号、CAN データ) をペダルやギアセクタ、ステアリングホイールに追加されたトルクアクチュエータ、PCU コントローラ、ダッシュボード、ジョイスティックアクチュエータなどに送信できます。機能設計には MATLAB[®]/

Simulink[®]/Stateflow[®] ツールチェーンを使用しました。これにより、テストと妥当性確認に大幅な柔軟性が得られ、dSPACE MicroAutoBox のコントローラとの密接な連携が可能になります。

システム統合における課題

既存の電気自動車に X-by-Wire パーキングアシストシステムを実装するための初期のデモでは、既存のパワートレイン制御ユニット (PCU) に一切の改造を行わずに機能全体を実装しなければならないという制約がありました。Ford グループから引き継がれた Th!nk City が 2000 年代後半に発売された時点で、この PCU の開発が既に完了していたためです。その当時、ソフトウェアを後で変更することは想定されていませんでした。さらに、ステアリングシステムは完全な電動式ではなかったため、外部からのステアリングホイール制御は不可能でした。このため、トルクステップモーターをステアリングホイール軸のベース部分に追加することで、自動ステアリング制御を可能にしました。以上のような状況から、高速なプロトタイピングデバイスを使用が必要であることは明らかでした。Continental Automotive 社は、デモ車両での X-by-Wire アプリケーションのプロトタイピングを行う上で最適な市販デバイスとして、dSPACE MicroAutoBox の採用を決めました。Continental Automotive 社

は、本プロジェクト後に、自社製品である量産電気自動車用コントローラ (EVC) の開発にも MicroAutoBox を使用する予定です。

X-by-Wire ステアリングの機能

このソリューションは、ドライバーを支援する (セミ) オートマチック式の運転制御 (ハードウェア装置とソフトウェア機能) を採用しています。ソリューションの目標は、ペダル操作とステアリング操作の両方を必要とする低速運転 (典型例として縦列駐車における面倒な前進/後退の繰り返し) において、アクセルペダル、ブレーキペ

図 1 : 右方への車両移動の例 : ジョイスティックを右に倒して保持すると、車両は「間接移動」モードで自動的に移動



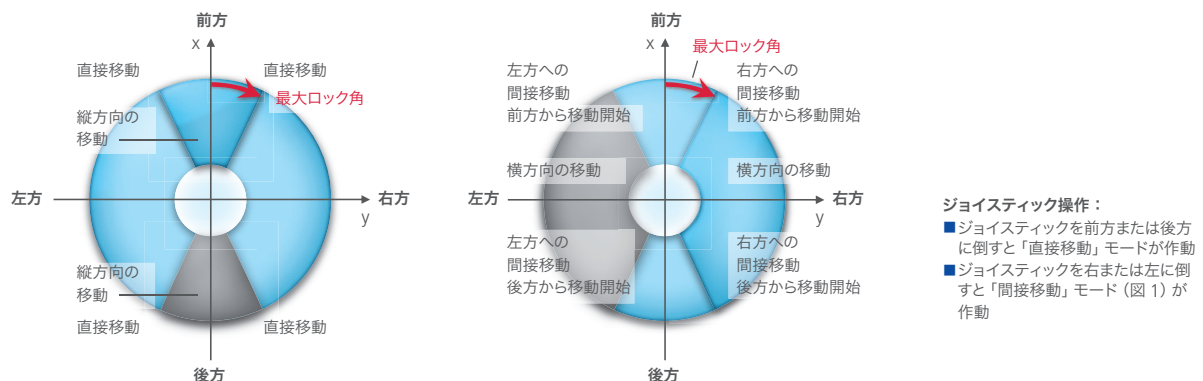


図 2：ジョイスティック操作の概念

「dSPACE MicroAutoBox の汎用的なインターフェースのおかげで、電動ステアリング制御をすばやく円滑に実装できました。」

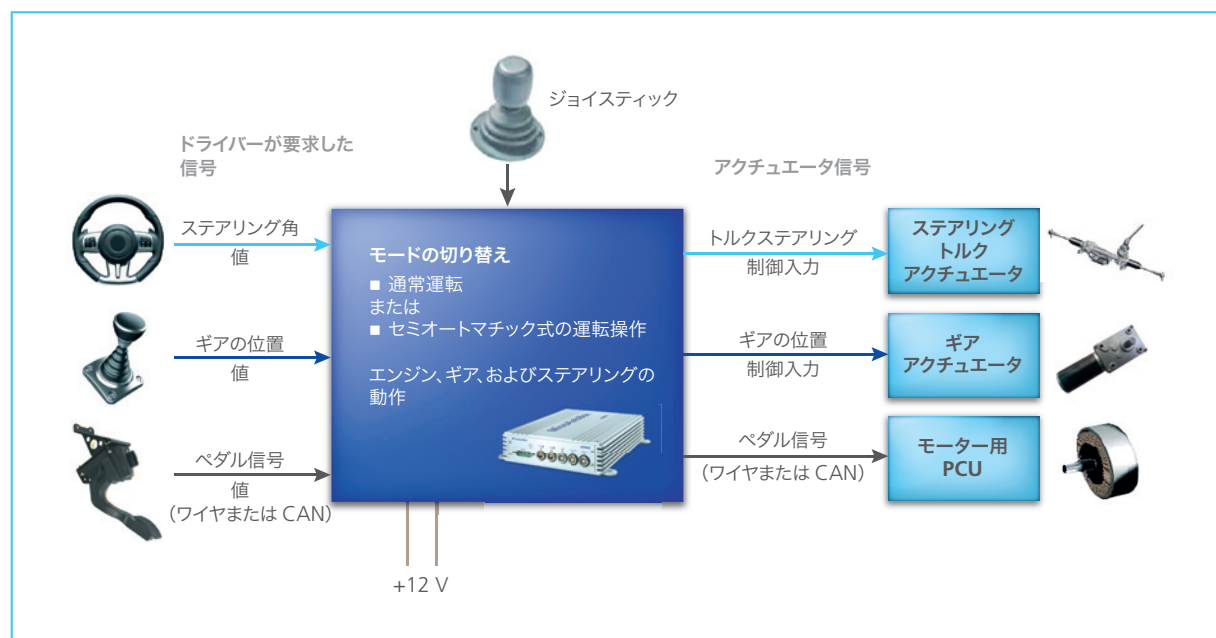
Dr. Mariano Sans, Continental Automotive 社

ダル、ギア、ステアリングホイールの操作を不要にしてドライバーを支援することで。本ソリューションは、車両のセンターコンソールに固定したジョイスティックまたはトラックボール (または同等の 2 軸または 3 軸入力装置) の使用を基本とします。ドライバーは、この装置を直感的に操作し

て進みたい方向 (ベクトル) を指示し、この入力は駆動トルクとステアリング角度のセットポイントとして変換されます。このセミオートマチックモードではペダル、ギア、ステアリングホイールの操作は一切不要です。ジョイスティック上の適切なボタンを押すことでマニュアルギアシフトも可能

ですが、オートマチックギアシフトの使用が推奨されます。セミオートマチック運転制御では、ドライバーが入力したベクトルに追従するようステアリング操作と前進/後退を自動的に設定するために、舵輪 (通常はフロントホイール) の軌跡を計算します。障害物および障害物までの距離を検出するための外部センサは使用しません。常にドライバー自身が車両の動きを制御し、いつでもブレーキをかけることができます。どのような状況においても、ドライバーがジョイスティックを放すと (スティックが中立位置に戻ると)、ただちに車両の駆動は停止します。

図 3：車両コントローラへの接続の中間に X-by-Wire 制御システムを挿入



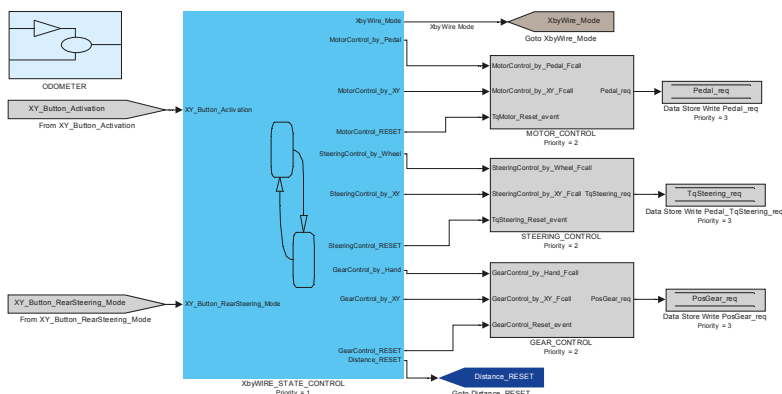


図4：メインモデル図：制御信号（計算処理されたペダル、ギア、ステアリング信号）が3つのアクチュエータシステムに供給される

システムの機能アーキテクチャ

センサ（ペダル、ギアセレクトア、ステアリング、ジョイスティック）とアクチュエータ（ステップモーター、PCU）の間にMicroAutoBoxを中間インターフェースとして接続する構成を選択しました。これにより、既存アーキテクチャのすべての接続がMicroAutoBoxを経由するため、元のシステム構成のままで、計算処理した信号をPCUへ供給できます。

このワイヤーハーネスの接続には以下のすべての信号を含みます。

入力：

- アクセルペダルからのアナログ信号（安全性のため三重冗長化）
- ブレーキペダルからの論理信号（ON/OFF）
- ギアセレクトアからの論理信号（真理値表に基づく論理値の組み合わせ）
- ステアリングモーターからのデジタル信号（状態、位値、速度など）
- 車両システムからのCANデータ（車速、キーのON/OFFなど）
- ジョイスティックからのアナログ信号とパルス信号（X、Y、Zと押しボタン）

出力：

- 再計算したペダル位置のアナログ信号（PCUへ出力）
- 再計算したギア選択の論理信号（PCUへ出力）
- ステアリングモーター（アクチュエータ）を駆動するための制御用デジタル信号（主にステッピングモーター用パルス）

- X-by-Wire ステータスからの論理フィードバック情報（音声メッセージ付きでPCまたはダッシュボードへ出力）

MicroAutoBox インターフェースは、これらすべての機器に対応する多数の接続を提供します。

モデルベース設計

機能には解析的計算、閉ループ制御、時系列調整が含まれます。これらのすべての機能にはMATLAB/Simulink/Stateflowによるユーザーフレンドリーな方法で開発されました。このツールのプログラミング機能をフル活用すると、MicroAutoBox上で簡単にコードを自動生成できます。■

Dr. Mariano Sans,
Continental Automotive 社



Dr. Mariano Sans

同氏は、Continental Automotive 社（フランス、トゥールーズ）における自動化およびエネルギー管理用センサのシニアエキスパートです。

まとめ

Continental Automotive 社は、革新的なX-by-Wire ステアリングアシストシステムをテスト用電気自動車TH!NKに実装しました。制御信号の評価、アクチュエータの制御、ステアリング機能の計算処理にはプロトタイプシステムであるMicroAutoBoxを使用しました。MicroAutoBoxはほとんどシームレスに車両のインフラストラクチャに統合できるため、X-by-Wire ステアリングシステムをすばやく実装できました。この開発ツールチェーンは、量産電気自動車コントローラ（EVC）の開発にも使用する予定です。

Continental



プロジェクトパートナーと共同執筆者：
ZEM Zero Emissions Mobility Company 社（ノルウェー、オスロ）、AKKA Technologies 社（フランス、トゥールーズ）、SINTEF Energy Research Institute 社（ノルウェー、オスロ）



家庭でのアクティブ防音

Sound Asleep

ヘルムート・シュミット大学 (ハンブルク連邦国防軍大学) の研究者は、家屋における交通騒音レベルの低減など、アクティブに音を消去するシステムを研究しています。このシステムの実現には、計算量の非常に多い適応型アルゴリズムが必要ですが、このアルゴリズムには dSPACE DS1006 プロセッサボードが使用されています。



騒音公害

特に都市部では至るところで発生する騒音にさらされることで、ストレスのために病気になる場合もあります。家に防音装置を取り付けることはできますが、換気などのために窓を少しでも開けると最高の防音素材を使っても効果がありません。さらに、音の周波数が低下すると（つまり、低音域の音や波長の増加により）、防音効率は低下します。100Hzの低音音波（トラックのディーゼルエンジンの低いエンジン音など）の波長は、3.5m 弱です。このような音波は、一般的に使用されている厚みが数センチの遮音層を通り抜けてしまいます。German Federal Foundation for the Environment (DBU) の資金提供を受けているヘルムート・シュミット大学（ハンブルク連邦国防軍大学）は、これらのシナリオ向けに低周波数や窓が開いている状態でも機能するアクティブ防音システムを開発しました。

アンチノイズ機能で騒音を消去

アクティブ防音は、2つの逆位相波が互いに打ち消し合う相殺的干渉の原理に基づいています（図2）。キャンセル音波は、ノイズ音源近くの騒音信号を計測するマイク

ロフォンおよび音波とキャンセル音波の重畳により生じる信号を計測するマイクロフォンの2台で行った計測から計算します。ただし、音は全方向に伝播され、ノイズ音源での計測値自体がキャンセル波の影響を受けているため、すべての騒音を完全に消し去ることはまず不可能です。さらに、騒音は壁で反射し、複雑な音場も発生させます。最後に、騒音は通常、幅広い周波数帯で構成されているため、それら全体に対して正確なキャンセル信号を発生することはできません（非常に限られた周波数帯でのみ発生可能）。

家庭でのアクティブ防音

ヘルムート・シュミット大学で開発されたノイズキャンセルシステムの実験セットアップ（図3）は、騒音音波とキャンセル音波を発生させる低反射の外部屋と、住宅の一室の一般的な音響特性を持つ内部屋の2部屋で構成されています。システムは標準的な市販の窓を通して外部屋に接続します。過度に高い騒音レベルからは保護が必要です。エラーマイクロフォンの信号（「エラー」は理想としてはゼロにする必要がある残留ノイズ）は、dSPACE DS2004 High-Speed A/D Board を介して



図1：騒音が窓に届く前に、ノイズキャンセルスピーカが騒音を低減（第3のプロジェクト段階）。

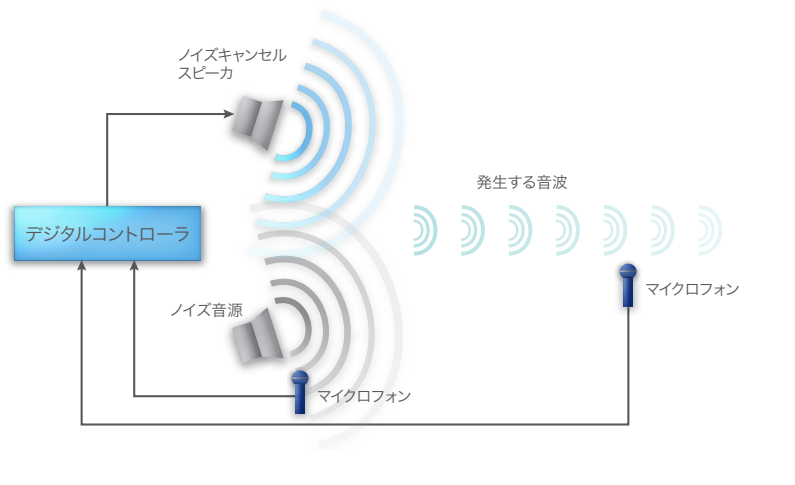


図2：アクティブ防音の原理：元の音波（グレー）とキャンセル音波（青）が重なり、互いを（ほぼ）打ち消し合う（シアン）。

DS1006 Processor Board に渡され、このボードで適応型デジタル制御アルゴリズム（フィルタリングされた x 最小二乗平均または FxLMS アルゴリズム）を使用して出力信号が計算されます。出力信号は DS2102 D/A Board を介して出力され、ローパスフィルタを通り、増幅され、最終的にノイズキャンセルスピーカに渡されます。実験によっては、ノイズ音源で直接騒音を計測する基準マイクロフォンを設置する場合もあります。

信号処理の詳細

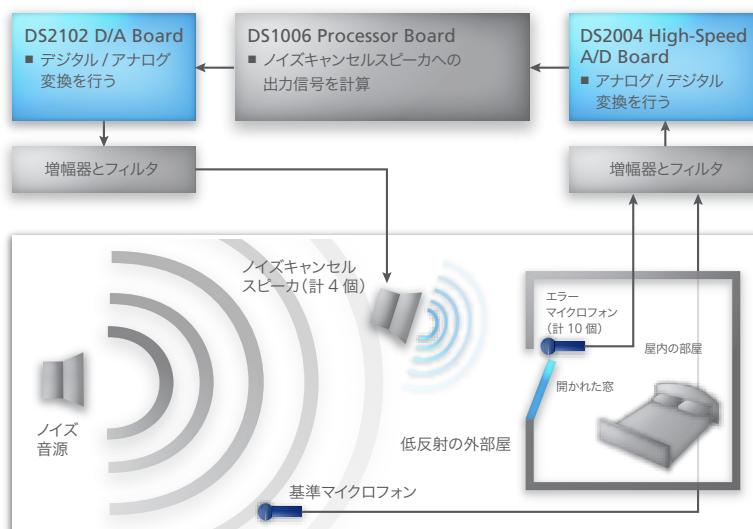
騒音がノイズキャンセルスピーカに到達するまでにキャンセル音波を生成する必要があるため、信号処理速度には非常に厳しい要件が課せられます。騒音がスピーカに届く短い時間（20センチで約0.6ミリ秒）で、入出力信号が増幅器とアナログアンチエイリアシングフィルタを通過し、FxLMS アルゴリズムが出力信号を計算する必要があります。マルチチャンネルシステムでは、ノイズキャンセルスピーカごとの

デジタルの適応型有限インパルス応答（FIR）フィルタ、および各ノイズキャンセルスピーカと各エラーマイクロフォン間の音響経路（二次経路）を表す追加 FIR フィルタによりアルゴリズムが構成されます。そのため、このセットアップ（4 台のノイズキャンセルスピーカと 10 台のマイクロフォン）では、4 つの制御用 FIR フィルタと 40 の二次音響経路用 FIR フィルタがあります。各 FIR フィルタは 1 つの畳み込み演算に対応しています。フィルタ係数が増えると、乗算の回数も増えます。ただし、フィルタは物理的に存在するパルス応答を表すので、良好な制御結果を得るには、ある程度の数の係数が必要となります。サンプリングレートの値を大きくすると、必要なフィルタ係数が増え、計算に使用できる時間が短くなります。

サイレンスゾーンの拡大

最初のプロジェクト段階 *) では、枕元に置いた 2 台のエラーマイクロフォンとベッドの頭部分に置いた 2 台のスピーカによりアクティブ防音を行いました（図 4）。防音効果は約 18dB ですが、空間的には非常に限られていました。2 番目のプロジェクト段階では、追加スピーカとマイクロフォンを使用して位置を最適化し、サイレンスゾーンを拡大しました。ただし、このセットアップは現実的にはあまり実用性がないので、3 番目のプロジェクト段階では窓で直接騒音を消すことを目指しました（図 1）。この「アクティブサウンドブロッカー」は、ノイズ音源で騒音を計測する基準マイクロフォンと連動し、スピーカとマイクロフォンを窓枠に直接取り付け使用します。部屋全体に散らばった 20 カ所の計測点で計測したところ、80 ~ 480Hz の平均周波数範囲で、騒音を大幅に（16dB）抑えることができました。

図3：キャンセル音波実験の実験セットアップ図。



*) 2006 年以降、German Federal Foundation for the Environment (DBU) より複数のプロジェクトで資金援助を受けています。

「DS1006 Processor Board の高い処理能力により、ノイズキャンセルシステムのサンプリングレートを 2kHz から 8kHz に問題なく引き上げることができました。マルチタスキングをフル活用することで、制御を改善するための余裕が生まれます。」

ヘルムート・シュミット大学 (ハンブルク連邦国防軍大学)、Sergej Jukkert 氏

ラボから家庭へ

現在、他の実用面についても、Adaptronics International GmbH と協力しながら研究が行われています。研究の目的は、基準マイクロフォンを取り外し、窓枠でスピーカとマイクロフォンを統合することです。この新しい制御コンセプトでは、基準信号をエラー信号から内部的に生成します。生成された信号は騒音信号より遅れるので、速い実行速度がさらに重要になります。フィルタ係数の数はまだ十分ではありませんが、すでに速度は同じチャンネル数で 2kHz から 8kHz に高速化済みです。したがって、現在の焦点は、DS1006 ボードの 4 つのコアすべてに制御アルゴリズムを分散させることです。周波数範囲でモデルの各部を計算するコントローラのコセプトも試行中です。これにより、フィルタ係数を増やし、制御の質をさらに高めることができます。■

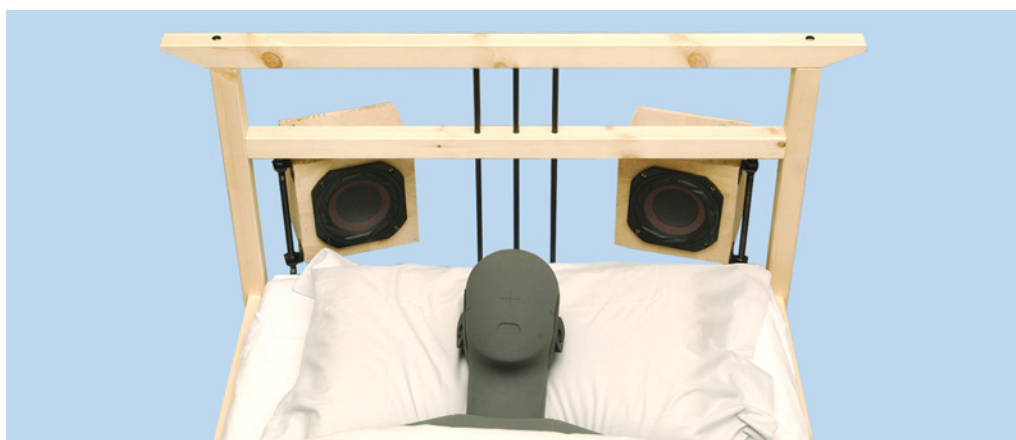


図 4：ベッドの枕元に直接置かれたノイズキャンセルシステム (第 1 のプロジェクト段階)。

ヘルムート・シュミット大学 (ハンブルク連邦国防軍大学)、
Jan Foht 氏、
Sergej Jukkert 氏、
Delf Sachau 博士

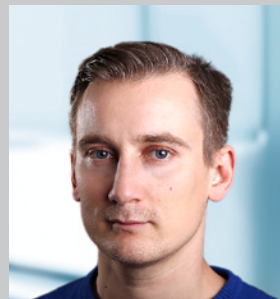
Jan Foht 氏

同氏は、ドイツヘルムート・シュミット大学 (ハンブルク連邦国防軍大学) のメカトロニクス学部の教授職に就いている研究員で、航空機のアクティブ防音プロジェクトに重点的に取り組んでいます。



Sergej Jukkert 氏

同氏は、ドイツヘルムート・シュミット大学 (ハンブルク連邦国防軍大学) のメカトロニクス学部の教授職に就いている研究員で、この記事で取り上げたプロジェクトの現チームメンバーです。



Delf Sachau 博士

(Univ.-Prof. Dr.-Ing.) ドイツヘルムート・シュミット大学 (ハンブルク連邦国防軍大学) のメカトロニクス学部の学部長です。



Peak Performance

市販の自動車部品を使用して最高峰へ：
MiEV Evolution II



三菱自動車は、米国のパイクスピークで開催された過酷な国際ヒルクライムレースにおいて、電気自動車が決して低速なエコカーではないことを実証しました。i-MiEVに使用されている量産部品をベースにして開発された MiEV Evolution II は、電気モーターを搭載しつつ、レースで卓越した性能を示しました。集中制御装置には dSPACE の MicroAutoBox II が使用されています。





図1～4：上から下へ：MicroAutoBox II に実装したコントローラの最終調整、パイクスピークに出場したレーシングチーム、それぞれ3位と2位の賞を手にしたドライバーの Greg Tracy 氏 (左側) と増岡浩氏 (右側)、参戦車両 MiEV Evolution II

パイクスピークインターナショナルヒルクライム

米国での伝説的なパイクスピークインターナショナルヒルクライムへの三菱自動車の本年度の参戦では、市販の電気自動車 i-MiEV をベースにして開発されたレース用バージョンの MiEV Evolution II が使用されました。このレースは、コロラド州にある高さ 4,300m の山の高低差 1,500m に及ぶ山岳路を舞台として 1916 年から開催されており、これまでに数々の車両が挑戦してきました。最高速度で疾走する車両とドライバーにとって、気圧、温度、大気が絶えず変化する天候条件は過酷です。

熟練のレースドライバー

三菱自動車の 2 台のレース用プロトタイプを操縦したのは増岡浩氏 (日本) と Greg Tracy 氏 (米国) でした。増岡氏は、これまでにダカールラリーに通算 21 回出場し、2002 年と 2003 年に連続優勝を果たしたまさにプロのレースドライバーです。Greg Tracy 氏も、パイクスピークの二輪車部門で 6 回も優勝経験がある素晴らしいドライバーです。

量産部品をベースに開発

前年の 2012 年参戦モデルである i-MiEV Evolution と同様に、MiEV Evolution II にもさまざまな量産車用の部品が搭載されており、量産部品をベースに先行開発したモーターやバッテリーと組み合わせて使用されています。ボディはカーボンファイバ

製で、レースの要件に合わせて特別に設計されており、非常に軽量で、卓越した空力特性を備えています。

駆動力と走行性能

MiEV Evolution II は、前後に 2 台ずつ配置された 4 台のモーターで駆動され、合計出力は 400kW (544HP) に達します。本年度は、前年度のレースで得られた経験に基づき、Super All-Wheel Control (S-AWC) 車両運動統合制御が実装されました。これにより、各ホイールの駆動力および制動力を個別に制御し、安全に路面に伝達できるようになっており、安定した高速の走行性能を達成しています。2013 年度に初めて使用が承認されたスリックタイヤの採用と、ボディに加えられたエアロダイナミクスの改良によって、駆動力の増加と空気抵抗の減少が実現されています。

集中制御

三菱自動車は、この車両に新しい制御アルゴリズムを短時間で実装するために、集中制御装置として dSPACE のプロトタイプピングシステムである MicroAutoBox II を使用しています。MicroAutoBox II は、MiEV Evolution II の ECU として搭載され、4 台のモーターとブレーキシステムの調整および制御を行っています。多数のセンサーおよび ECU によって収集された情報を使用して、モーターの駆動力と駆動用バッテリーの状態を評価し、4 台のモーター

「MicroAutoBox II は厳しい車載環境において、小型で非常に信頼性の高いユニットです。標高 2,800m から 4,300m まで 10 分ほどで駆け上がるパイクスピーク参戦車両にも安心して使うことができました。」

開発本部 EV 要素研究部主任 (EV システム先行研究担当)
古市 哲也 氏



とブレーキシステムの制御を最適化することにより、MiEV Evolution II が安全かつ安定的に高速走行できるように設計されています。バッテリーの管理には i-MiEV 用の量産 ECU が使用されています。

輝かしい成績

MiEV Evolution II は、レースで勝つことを目標に開発しました。エントリーした 2 台の車両は、2013 年度パイクスピーク電気自動車部門で 2 位と 3 位に輝きました。この成績がすべてを物語っています。このパワフルなレース用車両によって、電気自動車の開発が促進され、市販の電気自動車の開発に役立つ知識が蓄積されます。MiEV Evolution II は、電気自動車の未来に大きな貢献を果たすことでしょう。■

MiEV Evolution II の技術データ

全長	4,870mm
全幅	1,900mm
全高	1,390mm
ホイールベース	2,700mm
駆動方式	4輪駆動 (Fr:LSD、Rr:左右独立駆動)
モーター/インバータ(明電舎製)	i-MiEV用をベースにハード + 制御ソフト改修
最大出力/トルク	400kW/800Nm (100kW/200Nm×4)
バッテリー(LEJ製)	先行試作品50kWh
シャシー	専用パイプフレーム
カウル(東レ製)	カーボン製(CFRP)
サス形式	前後ダブルウィッシュボーン
ステアリングアシスト装置	電動コラムアシスト(アウトランダー用)
タイヤサイズ(ダンロップ製)	260/660R18



動画：
レースに使用された
コースの紹介
<http://www.youtube.com/watch?v=ub6l2CTu6co>

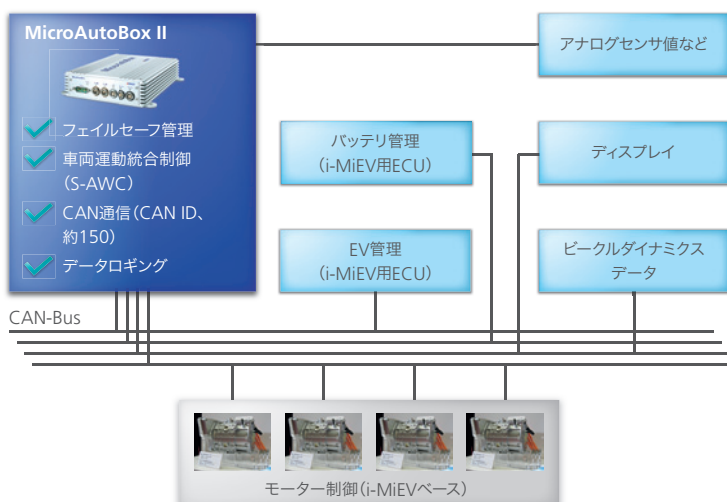


図 5 : MicroAutoBox II を使用して実装された制御システムの概略図



「dSPACE プロトタイピングシステムを使うことで、MiEV Evolution II 用車両運動統合制御を短期間で開発することができました。」

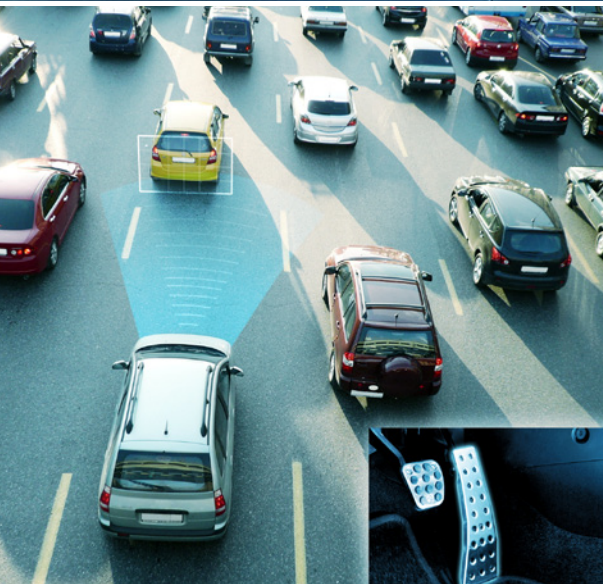
開発本部 EV・パワートレインシステム技術部 (EV パワートレインシステム設計担当)
橋坂 明氏



最新の運転支援システムの妥当性確認には、シミュレーション、テスト、およびビジュアル表示を行うための統合ツールが不可欠です。開発者には、テストする車両の属性、道路網、交通、および電子制御ユニット (ECU) のモデル化を短時間で簡単に行うことができ、運転操作を現実的にビジュアル表示できるツールが必要です。このような場合に完全に統合されたツールチェーンとして活用できるのが、dSPACE の Automotive Simulation Models (ASM)、ModelDesk、および MotionDesk の組み合わせです。

運転支援システムの妥当性確認用の
強力なツールチェーン

Eyes on the Road



厳しさを増す要件

自動車業界にとって、安全性と快適性に対する厳しい要件の増加が大きな課題となっています。これに対応するため、OEM各社では、最新の運転支援システムの実装数を増やしています。運転支援システムを使用することにより、走行安全性が大幅に強化され、ドライバーが日常的に繰り返す運転操作も楽になります。今後、自動車メーカーは、欧州での法規制や厳格なNCAP基準を満たすために、さまざまなクラスの車両にアクティブセーフティ機能の導入を拡大していくことになるでしょう。この分野で注目を集めている開発作業に、車両の走行環境をカメラおよびレーダーベースで常に監視する運転支援システムがあります。これは、ドライバーの運転操作を支援し、危険な状況で警告を発生し、瞬時に自動的に対応するシステムです。このようなシステムの例として、緊急ブレーキ、走行車線の維持、交差点での支援、アダプティブクルーズコントロールなどがあります。

Euro NCAP

今、自動車メーカーが直面している新しい課題があります。それは、Euro NCAP (European New Car Assessment Programme : 欧州新車アセスメントプログラム) です。このプログラムは、欧州各国の運輸官庁、自動車関係団体、および保険協会によって策定され、クラッシュテストなどの手段を使用して、新しい車両モデルの安全性を5つの星の数で評価します。この安全性評価には、成人の保護、子どもの保護、歩行者の保護、安全支援の4分野があります。最高の5つ星の評価を与える場合には、事故を防止するためのアクティブセーフティシステムを重視することが計画されています。2014年以降は、走行車線維持支援と、低速時および高速時の自律型緊急ブレーキシステム (AEB CityおよびAEB Inter-Urban) の評価が含まれることになっています。また2016年には、歩行者検出 (AEB Pedestrian) 機能を備えた自律型緊急ブレーキシステムが追加されます。

課題の詳細

今後、自動車メーカーは、スケーラブルでモジュラー方式の、標準化されたソフトウェアによる運転支援システムをさまざまなクラスの車両に導入していくことになります。革新的な新しい機能が開発され、既存のシステムはネットワーク化がさらに進み、付属するコンポーネントは増加すると考えられます。これらのシステムは、エンジン制御、ステアリング、ブレーキなどへ能動的に介入を行います。つまり、システム

の機能性を検証するシミュレーションにおいては、車両のすべての挙動をリアルタイムに表現できるモデルが必要になります。それには、きわめて柔軟度の高いシミュレーションモデルを使用して、さまざまなクラスの車両と仕様をシミュレートすることが不可欠です。このような運転支援システムでは、さまざまなセンサ（レーダーやカメラセンサなど）からのデータを融合し、信頼できる決定を瞬時に行えるかどうか大きな課題となります。環境センサと

ECUソフトウェア間の相互作用を、試験施設での現実的な条件下でテストする必要があります。特に、カメラベースの運転支援システムの妥当性確認をカメラインザループ (camera-in-the-loop) シミュレーションによって行う場合など、それぞれの環境センサまたは対応するセンサモデルによって検出された物体が時間的に正確な相関関係を持つようにするためには、車両の環境をリアルタイムで現実的にビジュアル表示する必要があります。この



ようにすることで、運転支援機能とネットワーク化された ECU の挙動の妥当性確認を効率的に行えます。テスト構築における作業量を合理的なレベルに抑えるには、道路網、交通、交通インフラストラクチャ、および道路沿いの構造物を使用して、テストシナリオを簡単に短時間で作成できる方法が必要です。使用するツールチェーンは、さまざまな運転支援アプリケーションに適したソリューションを備えていなければなりません。この分野で高度に革新的な機能の開発を行うには、専用センサモデルといったユーザ固有のコンポーネントを統合する必要があります。

ソリューション：運転支援システムの妥当性確認用の専用ツールチェーン

dSPACE では、前述のすべての課題に最適な総合的なツールチェーンを用意しています。シミュレーションプラットフォームとの通信時の遅延を引き起こすサードパーティ製ツール(車両環境のビジュアル表示など)の統合は不要です。

シミュレーションモデル

dSPACE Automotive Simulation Models(ASM)は広範なオープンモデルの集合であり、車両(エンジン、ドライブトレイン、ビークルダイナミクス、エレクトリックコンポーネントなど)および環境(道路、交通、交通インフラストラクチャ、道路沿いの建物)のシミュレーション用として MATLAB®/Simulink® で作成されています。ASM は、PC オフラインシミュレーションおよびリアルタイム HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーション用に最適化されています。ASM には、個別の仕様に柔軟に適合させることができる、乗用車および商用車用のモデルが含まれています。

ASM、ModelDesk、MotionDesk の連携

この例は、実際の航空写真をベースに、ModelDesk で交差点および緊急ブレーキのテストシナリオを構築する方法を示したものです。車両モデル内に 2 個の環境センサ(レーダーセンサおよびモノラルカメラ用)が、例として構成されています。MotionDesk でさまざまな視点からの表示を行い、テストシナリオの妥当性を検証できます。たとえば、実際の車両に搭載される画像処理 ECU の視野角と正確に同じ視野角を生成することで、試験施設でのカメラインザループ(camera-in-the-loop)テストでモノラルカメラをシミュレートすることができます。また、MotionDesk でこのようなテスト用に安定したフレームレート(60 Hz など)を生成できます。

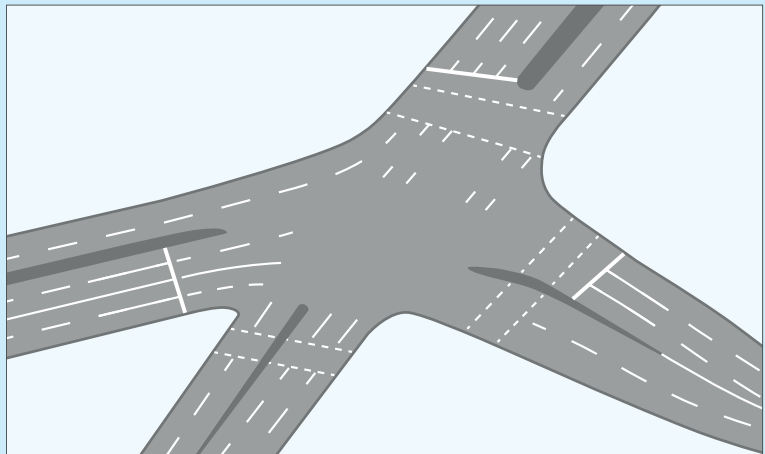


図 1：テストシナリオのベースとして使用した複雑な交差点の写真

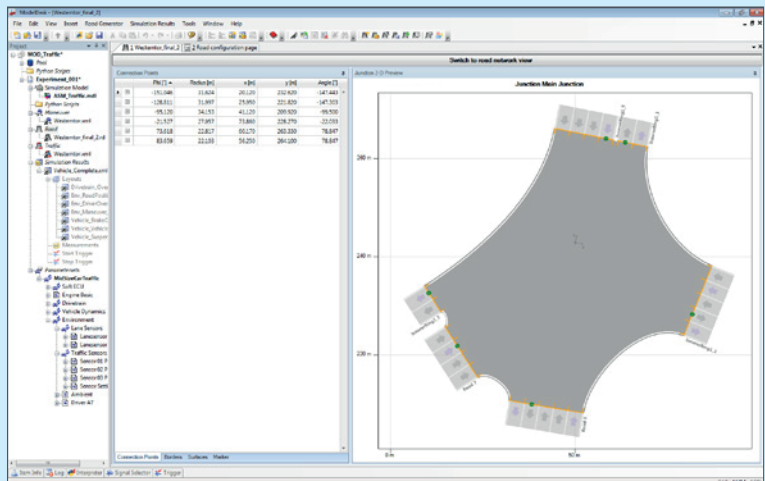


図 2：交差点の MotionDesk でのモデリング。ADAS RP 用に Nokia 社の Here で作成した道路コンバータ、OpenDRIVE ファイル、または実際のテスト走行で取得した GPS データ付きの計測ファイルなどを使用して、手作業または自動で道路網を作成できます。

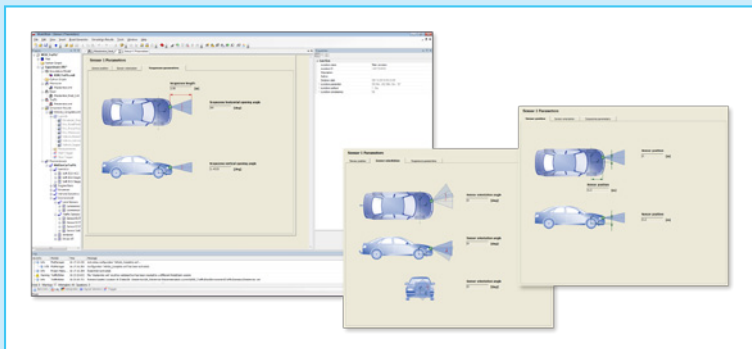


図3：ModelDeskでのEGO車両用センサシステムのモデリング



図4：MotionDeskでの、さまざまな視点からの交差点の表示。モノラルカメラとレーダーセンサの視界が、オレンジとブルーに色分けして表示されています。

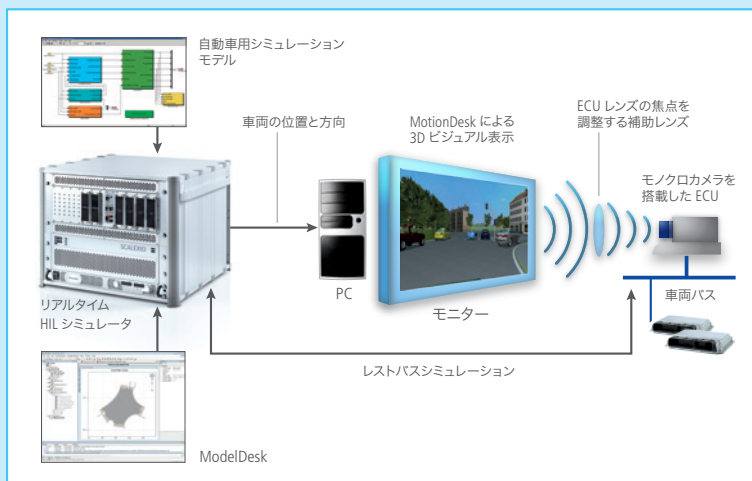


図5：カメラおよびレーダーをベースにした運転支援システムのテスト用HILシミュレータの概要図。実際の車両のフロントカメラのレンズは通常は遠距離の物体に焦点が合うようになっているため、老眼鏡を使う場合と同じ要領で、補助レンズにより試験施設でのテストに適した焦点距離に調整します。

注目を集める商用車

特に商用車部門において、トラックのシミュレーション用ASMの使用が大幅に増えています。商用車部門の新しい車種には、緊急ブレーキ支援および走行車線維持支援機能が2013年末から義務付けられることになっているためです。ASMは、自動テストにも柔軟に適用できます。車軸数、タイヤ（シングルまたはダブル）、トレーラ/セミトレーラ構成などの属性を修整するだけでよく、コード生成を繰り返す必要はありません。運転操作のテスト用として、テスト車両の縦方向および横方向の制御を行うドライバーモデルも用意されています。グラフィカルツールであるModelDesk（50ページ参照）を使用して、モデルの構成およびパラメータ設定を簡単に行うことができます。

ビジュアル表示

MotionDeskを使用して、運転操作を3Dでビジュアル表示できます。ModelDeskでシナリオを定義し、MotionDeskで交通標識、家屋、その他の道路沿いの情景など、環境オブジェクトをライブラリからドラッグするなど、細かく調整することができます。MotionDeskでの調整が終わったら、テストシナリオを現実的な3Dアニメーションでリアルタイムにビジュアル表示し、運転支援システムのカメラインザループ（camera-in-the-loop）テストで、画像処理ECUの動作などを検証することができます。現在、このツールチェーンを使用して妥当性を検証できるアプリケーションには下記のものがあります。

- 走行車線維持支援
- 緊急ブレーキ支援
- 交通渋滞支援
- アダプティブクルーズコントロール（ストップ＆ゴー機能付き）
- ブラインドスポット検出
- 駐車支援
- 道路標識認識
- AEB CityおよびInter-Urban
- 交差点支援



2014年に計画されているdSPACE Releaseでは、これらのツール専用の拡張機能が提供され、さらに多くのアプリケーションがサポートされる予定です。サポート予定のアプリケーションの一部を下記に示します。

- 狭い通路または道路工事支援

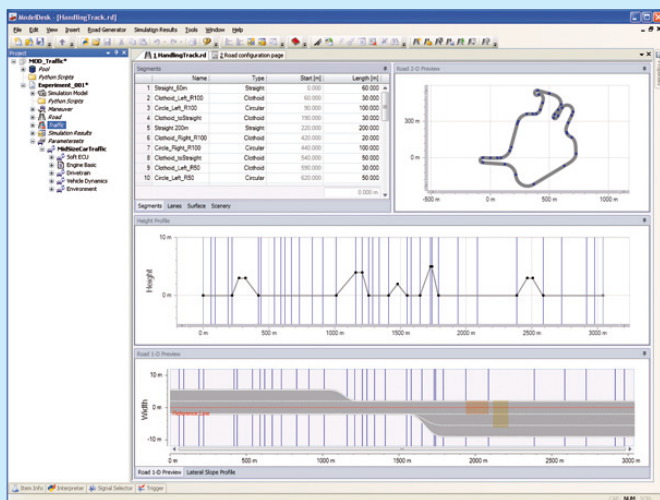
- 歩行者検出機能を備えたシステム (AEB Pedestrian など)
- Car2x アプリケーション

未完成の ECU の統合

最新の運転支援システムは、しばしば同時に複数の ECU (エンジン、ブレーキ、ステアリングなど) と相互に通信しますが、

これらの ECU ソフトウェアは、開発の初期段階では未完成のために使用できないことがよくあります。その場合も、使用できない ECU が返すべき応答を適切にシミュレートすることにより、初期の段階から必要なテストの開発や妥当性確認を行うことができます。dSPACE 製の ASM には、そのためのソフト ECU、つまり、まだ完成

ASM/ModelDesk の特長



最新の運転支援システムの開発では、他の道路使用者や交通インフラストラクチャへの応答のシミュレーションが不可欠です。短時間で簡単に、さまざまな環境センサを車両に実装し、他の車両や交通標識、道路沿いの構造物を再現する方法が必要です。開発者は、ASMの交通環境モデルおよびビークルダイナミクスのシミュレーションを併用することで、複数の道路使用者の挙動を個別に定義し、物体認識用のさまざまなセンサをテスト車両に実装し、仮想テスト走行を行い、運転支援システムの機能を検証することができます。高速の

流れ、対向および横断車両、ストップアンドゴー、交通渋滞など、さまざまなシナリオがサポートされています。環境センサモデルを使用して、定義したゾーン内に車両または歩行者が存在するかどうかをテストします。このセンサモデルを使用して、レーダー、カメラ、超音波センサ、およびその他のセンサをシミュレートすることができます。車線検出用などのアプリケーション固有のモデルも使用できます。ASMはオープンなSimulinkモデルのため、必要なときはいつでも、ユーザ固有のモデルを統合できます。ModelDeskは、

Automotive Simulation Models (ASM) のパラメータ設定とパラメータセットの管理を直感的に行うことができるグラフィカルツールです。ModelDeskでは、バーチャルビークル全体のパラメータ化が可能であり、ドライブトレインやシャシーなどの単独の部品に対してもパラメータを設定できます。ユーザ固有モデルのパラメータもMotionDeskで管理することができます。道路網および個別の道路を、車線や運転操作を含めて、ユーザが定義できます。実際の計測データや地図データをインポートすることにより、道路を自動的に作成することもできます。ModelDeskは、道路網記述用の標準のOpenDRIVEもサポートしているため、道路沿いの構造物を自動的に作成して、MotionDeskでビジュアル表示することもできます。Traffic Editorでは、非常に柔軟に交通シナリオを定義できます。



dSPACE ツールチェーンは、最新の運転支援システム開発プロセスでのフロントローディングテストに、非常に役立ちます。

していない ECU の挙動モデルが用意されています。また、ECU ソフトウェアが (少なくとも部分的にでも) 存在する場合やオブジェクトコードのみの場合でも、

dSPACE のオフラインシミュレーションプラットフォームである VEOS® を使用して、ソフトウェアコンポーネントベースのバーチャル ECU を構築することができます。さ

らに、VEOS により、PC 上で現実的な自動テストと試験走行を実行することもできます。■

MotionDesk の特長



便利な機能が数多く追加されています。MotionDesk を使用して、気象条件の変化 (雨や雪など) をシミュレートでき、現実的な陰影も追加できます。複雑な情景の画像も、毎秒 60 フレームなどの一定のリフレッシュレートで出力できます。広範な 3D オブジェクトライブラリには、交通標識、家屋、実際的な環境オブジェクト、国固有の特徴などが含まれています。ライブラリからオブジェクトを選択して配置するだけで、情景を簡単に作成できます。必要に応じて、サイズ、位置、回転など、オブジェクトのプロパティも編集できます。上記の特長を活かして、一目瞭然の現実的な環境を非常に短時間で定義することができます。

dSPACE のビジュアル表示ツールである MotionDesk を使用すれば、10 年以上も前から蓄積された実証済みのトラック記録を使用して、ピークルダイナミクスおよび運転支援システム用として定義した環境での車両の挙動をアニメーション表示することができます。運転操作は、3D の仮想世界にビジュアル表示されるため、シミュレートしたシステムの挙動を視覚的に理解できます。MotionDesk は、dSPACE シミュレータ、dSPACE VEOS 検証プラットフォーム®、または MATLAB®/Simulink® から必要なデータを読み出し、可動オブ

ジェクト (車両、ホイール、ステアリングホイールなど) をリアルタイムでアニメーション表示します。ビジュアル表示により、開発者およびテストエンジニアは、シミュレートする物体の実際の挙動を明確に理解できます。たとえば、複数車線モードでは、複数のシミュレーションを単一のアニメーションとして表示することができます。これは、さまざまなピークルダイナミクスストラテジを比較する際の基準比較方法として理想的です。MotionDesk の最新バージョンは完全に改訂されており、最新の先進運転支援システム (ADAS) 開発用の

標準的な HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションでは、ソフトウェア機能の検証に、実際の電子制御ユニット (ECU) を使用する必要があります。新しい仮想検証とバーチャル ECU を使用すると、HIL シミュレーションテストの効率と品質を高めることができます。

HIL シミュレーションの準備段階での仮想検証

仮想検証は、PC ベースのシミュレーションで ECU ソフトウェアの妥当性確認、検証、テストを行うための包括的な手法です。PC ベースのシミュレーションプラットフォームを使用すると、仮想検証を HIL シミュレーションで活用できます。この手法は事前に作成したテストシナリオの妥当性確認や、シミュレーションモデルの構成に使用することもできます。また、バーチャル ECU (V-ECU) を使用して初期段階でのテストシナリオを実行することもできます。実際の物理的なシステムへの接続は不要です。実際に HIL シミュレーションを実行する前に、PC 上で ECU ソフトウェアおよび

プラントモデルの開ループおよび閉ループテストを実行してエラーを検出することにより、ECU ソフトウェアの品質を向上できます。このようにして事前にテストを作成および準備することにより、HIL シミュレータの時間を有効に活用できます¹⁾。

バーチャル ECU の構成および作成

V-ECU は、最終製品の ECU と同じ機能と同じソフトウェアコンポーネントを備えています。セットアップには、次のようなさまざまな方法があります。

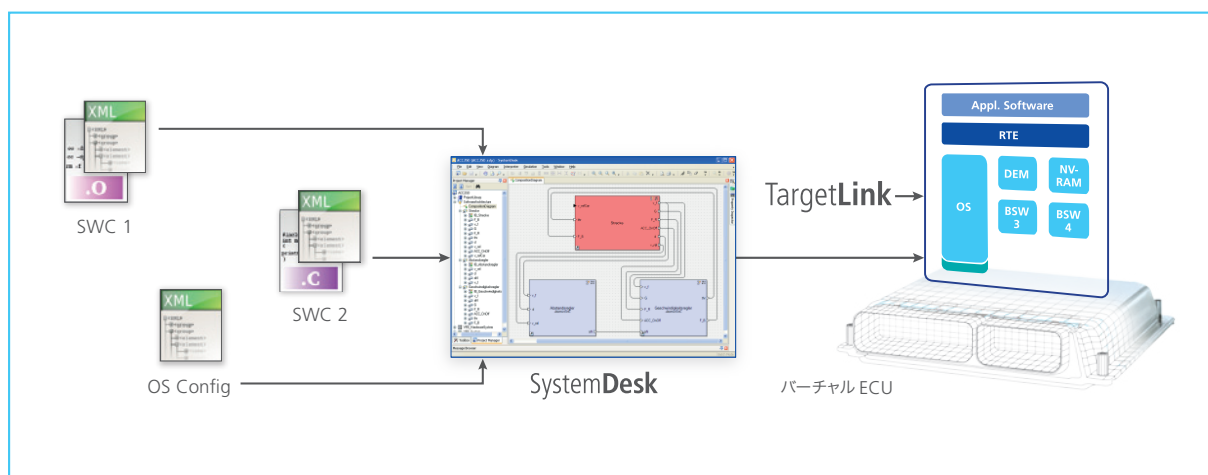
- 個別の AUTOSAR ECU 機能を使用する
- 一部またはすべての AUTOSAR アプリ

ケーションソフトウェアコンポーネントを使用する

- 完全に統合および構成されたアプリケーションソフトウェア、ランタイム環境 (RTE)、オペレーティングシステム、およびハードウェアに依存しないベシクソフトウェアを使用する

dSPACE SystemDesk を使用して、AUTOSAR に準拠したソフトウェアアーキテクチャから直接バーチャル ECU を生成します (56 ページの「All-Round Integration」参照)。Simulink[®] または TargetLink[®] の制御モデルから、バーチャル ECU を生成することもできます (図 1)。生成したバーチャル ECU を、dSPACE

図 1 : SystemDesk と TargetLink を使用して、さまざまな構成のバーチャル ECU を生成できます。





Virtual
ECUs
in Action

HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションの
新しい選択肢

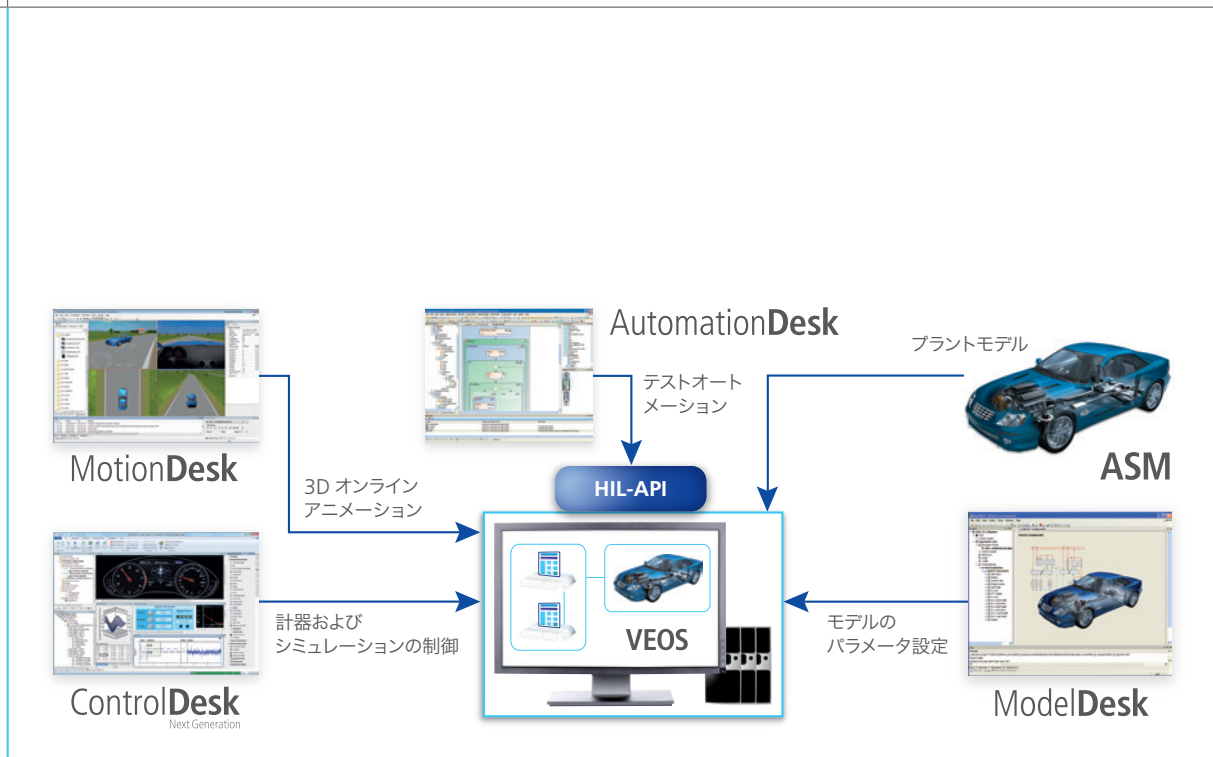


図 2:HIL シミュレータを使用しなくても、VEOS によりテストシナリオを設計、準備、テストできます。

dSPACE VEOS

VEOS シミュレーションプラットフォームを使用して、開発の早期の段階で、個別のソフトウェアコンポーネント、ECU、ECU ネットワークを PC 上でシミュレートできます。このプラットフォームはオープンインターフェースであるため、ControlDesk® (計測および制御)、MotionDesk® (ビジュアル表示)、AutomationDesk® (シミュレーションシーケンスの自動化)、サードパーティ製品など、さまざまなツールを併用できます。ユーザは通常使用しているツール環境をそのまま使用でき、既存のデータ、モデル、レイアウト、構成を有効に活用することができます。VEOS 用に作成および使用している V-ECU、モデル、レイアウト、シミュレーションシナリオは、HIL シミュレーションで再利用できます。そのため、HIL テストの準備に必要な作業の削減が可能です (図 3)。

VEOS® による PC ベースのシミュレーションまたは SCALEXIO® による HIL シミュレーションで使用することができます。

V-ECU と HIL シミュレーション

HIL シナリオで、ECU ネットワーク内に実際の ECU ハードウェアを使用できない部分がある場合、その ECU を V-ECU で代替できます。V-ECU は、該当の ECU を表す AUTOSAR ソフトウェアコンポーネントから作成します。作成した V-ECU を、他のプラントモデルとともに HIL シミュレーションに直接統合できるため、ソフトウェアのビヘイビアモデルを追加で作成する必要はありません。既存の ECU コードを再利用することにより、開発および妥当性確認に必要な作業量が軽減されます。SCALEXIO システムでは、複数の SCALEXIO プラントモデルおよび V-ECU を同時に実行することができます。ConfigurationDesk® を使

用して、V-ECU のインターフェースとプラントモデルを接続することにより、構成を行います。モデルおよび構成は個別に格納されるため、モデルを修整しても構成は変化しません。

V-ECU による動的なレストバスシミュレーション

V-ECU を使用して、高品質の CAN レストバスシミュレーションを行うことができます。テスト対象が閉ループテスト内の実際の ECU である場合、レストバスシミュレーションにおける標準的な手法では、プラントモデルの一部を構成する ECU のビヘイビアモデルを作成する必要があります。静的なレストバスシミュレーションの場合はビヘイビアモデルは不要ですが、動的なレストバスシミュレーションの場合は、大量のモデリング作業が必要になることがあります。これに対して、V-ECU とし

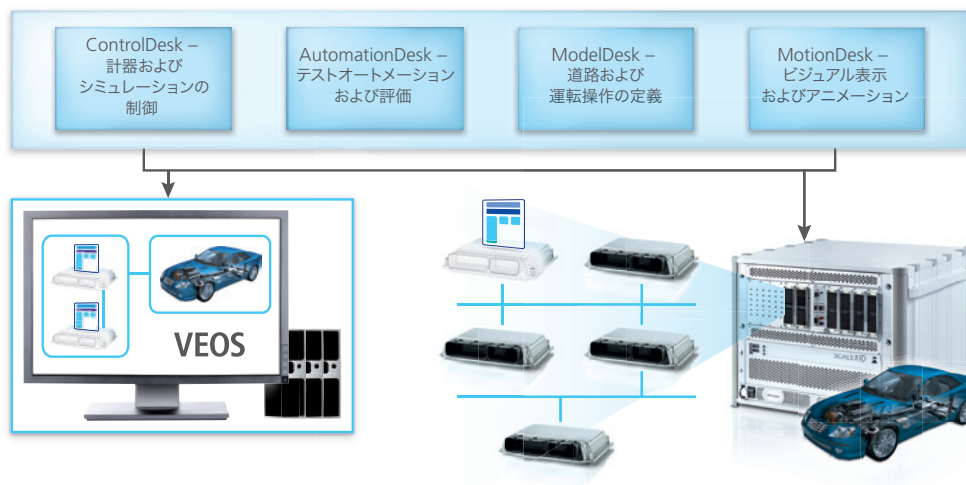


図 3 : VEOS と SCALEXIO の両方で同じツールチェーンを使用

て ECU ソフトウェアを使用できる場合は、V-ECU 自体にネットワーク通信設定が含まれているため、これらのモデリング作業が不要になります。dSPACE のレストバスシミュレーションでは、V-ECU の構成は、DBC、FIBEX、または ARXML のファイルをベースとしています。インポートした V-ECU は ConfigurationDesk[®] で容易に SCALEXIO システムの物理インターフェースに接続できるため、プラントモデルの修整は不要です。SCALEXIO システムに、テスト対象のオブジェクト（通常は他の ECU）のレストバスシミュレーションの一部として V-ECU が含まれている場合、後から実際の ECU に置き換えることができ、この場合もプラントモデルの修整は不要です。V-ECU は ASAP2 ファイルを使用して記述され、アクセスには Ethernet と XCP プロトコルを使用します。これらの標準規格をサポートしている任意

の適合ツールを使用できるため、レイアウトおよびテスト記述を効率的に適用できます。この新しい方法の実行可能性は、Daimler AG でのパイロットアプリケーションによって確認済みです²⁾。■

参考文献

- 1) Real Tests for Virtual ECUs, dSPACE Magazine, 1/2012, pages 46 - 49
- 2) Virtual integration and testing of vehicle E/E systems, ATZ Elektronik, 05/2013, Artur Honisch (Daimler AG), Dr. Karsten Krügel (dSPACE GmbH)



まとめ

V-ECU を使用して、ECU 開発で作成されたソフトウェア部品を再利用することにより、ECU のリアルタイムの挙動の多くの要素およびバスの挙動を簡単かつリアルにシミュレートすることができます。これにより、最終製品の ECU が使用できない早期の段階であっても、現実に即した結果が得られ、機能の品質を向上させることができます。また、ソフトウェアを使って SCALEXIO システムの構成を行い、事前に PC ベースのシミュレーションを実行できるため（図 2）、HIL シミュレータのコミコミンギングおよびセットアップに要する時間を短縮できます。仮想検証と V-ECU という新しいテクノロジーは、ECU ソフトウェアの既存の妥当性確認およびテストプロセスへの導入が進んでいます。dSPACE は、主に既存のハードウェア、ソフトウェア、モデルの再利用に焦点を当てて、この統合の促進を続けていきます。



SystemDesk による AUTOSAR に準拠した
開発プロセスの効率化

All-Round

Integration

世界中のソフトウェア設計者が、dSPACE の SystemDesk を使用して、ECU ソフトウェアのアーキテクチャを作成しています。その理由は、明確な表示機能、開発および構成の容易さ、モデル全体のグラフィカルな表示、および既存のツールチェーンとの容易な統合を提供しているためです。

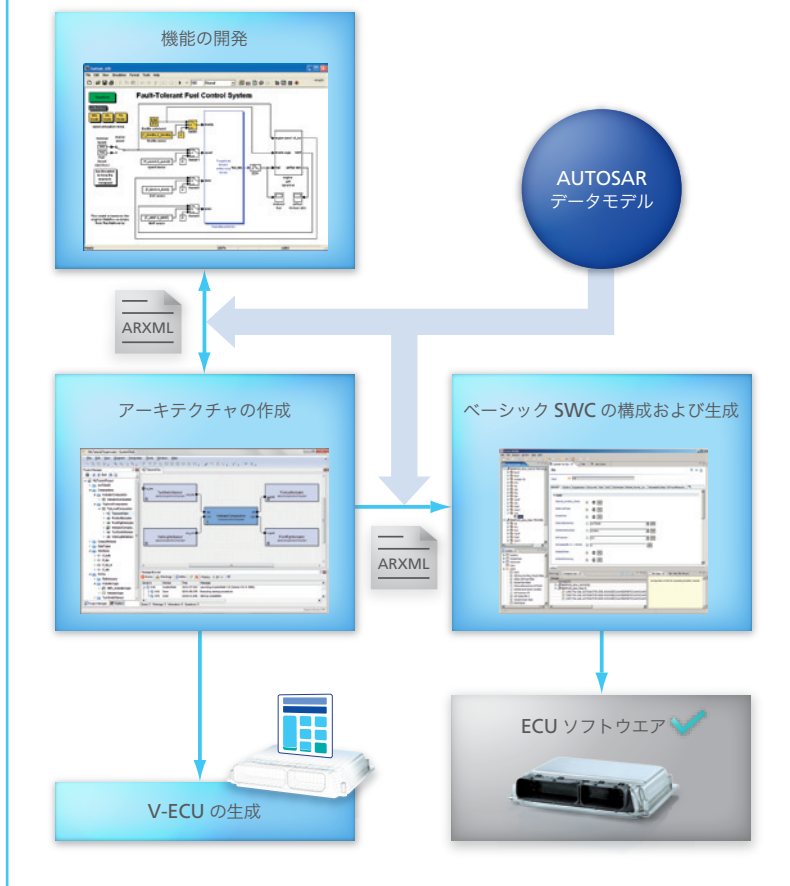


図 1：デスクリプションフォーマットが標準化されているため、異なるツールを繋いで相互にデータを交換できます。また、SystemDesk により、プロセスの早い段階でバーチャル ECU の妥当性確認を行うこともできます。

AUTOSAR 規格は 2003 年に公表され、現在では、ECU ソフトウェアの開発プロセスにおける重要なコンポーネントになっています。システムアーキテクチャ、ソフトウェアコンポーネント、インターフェースの記述フォーマットをこの規格で定義することにより、プロジェクトの関係者すべてが、OEM メーカーとサプライヤ間、異なる開

発チーム間、またはさまざまな開発ツール間において、信頼性の高い一貫性のある方法でデータを交換することができます。dSPACE は、2007 年にシステムアーキテクチャソフトウェアである SystemDesk® の販売を開始しました。SystemDesk は、当初から AUTOSAR 規格の完全なサポートを志向していました。SystemDesk では、AUTOSAR 規格に加えられたすべての修整を直ちに次の製品バージョンに反映しており、ソフトウェアを絶え間なく更新しています。最新バージョンである SystemDesk 4.1 は、AUTOSAR R4.0 および AUTOSAR R4.1 データモデルを完全にサポートしているほか、AUTOSAR ベースの開発プロセスにシームレスに統合できます。

AUTOSAR 開発プロセス

AUTOSAR ベースの開発プロセスは、いくつかのステップで構成され (図 1)、それぞれに専用のツールが必要です。インターフェースおよび交換フォーマットが標準化されているため、ツール間の連携を円滑に行うことができ、総合的なデータ交換が保証されています。

開発プロセスは、主に次の 3 つのステップに分けることができます。

1. SystemDesk を使用して、ソフトウェアアーキテクチャを、個別のソフトウェアコンポーネントとインターフェースを含めて作成する。
2. ソフトウェアコンポーネント用の AUTOSAR デスクリプションファイルを

SystemDesk からエクスポートして dSPACE TargetLink® にインポートし、機能の開発を行う。SystemDesk を使用して、開発した機能をソフトウェアコンポーネントに統合する。

3. ソフトウェアアーキテクチャ用のデスクリプションファイルを、ソフトウェアコンポーネントを含めて、SystemDesk からエクスポートする。Elektrobit 社製 EB tresos® などのツールを使用して、ベーシックソフトウェアを構成および生成する。

構造化されたダイアグラムとダイアログによる高いユーザビリティ

システム設計者にとっての課題の一つは、複雑なシステムアーキテクチャ内のすべてのデータエレメント、ソフトウェアコンポーネント、および接続を追跡管理することです。SystemDesk では、ダイアグラムによってアーキテクチャがビジュアル表示されるため、相互関係および依存関係を容易に理解できます。また、ユーザは、システムごとに異なるビューを定義して、ソフトウェアアーキテクチャまたは ECU トポロジにアクセスする方法を管理することもできます。構成ダイアログには、個別の

AUTOSAR エレメントに接続されている属性を明確に表示するビューが用意されています。また、このダイアログによって、すべてのデータが正しいフォーマットであることが保証され、それぞれのデータアイテム間の関係の一貫性が自動的に維持されます。テーブルエディタは、ソフトウェアコンポーネントの ECU へのマッピングやデータエレメントのシステムシグナルへのマッピングなど、ユーザが大量のマッピング情報を入力するのに便利です。

AUTOSAR デスクリプションファイルのインポートおよびエクスポート

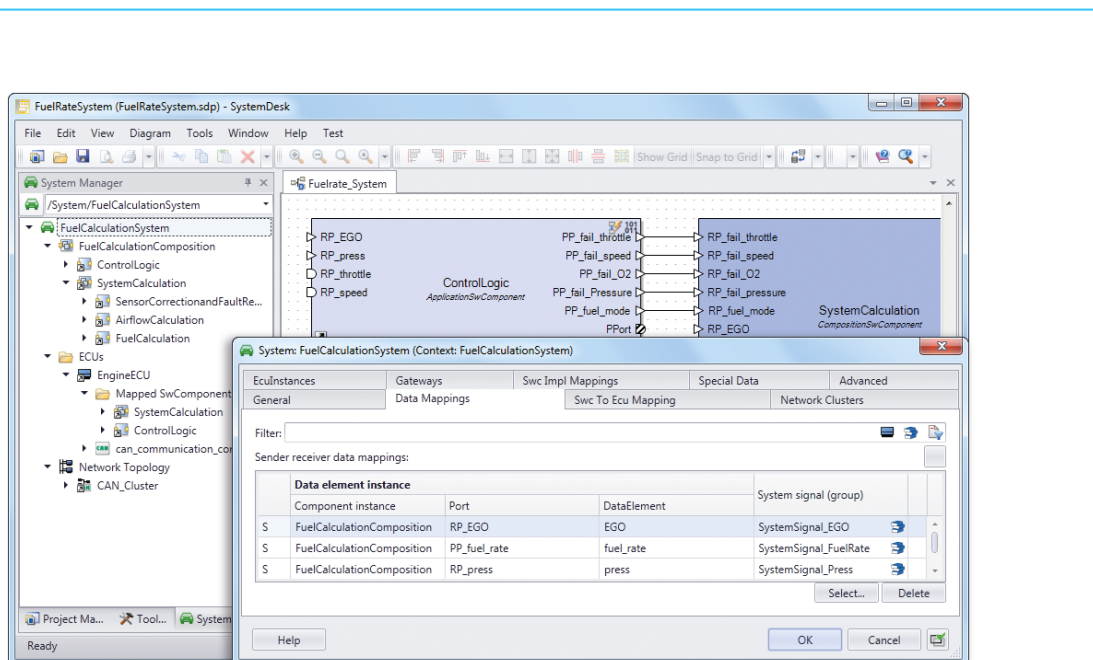
個別のコンポーネントおよび機能の開発作業は、通常いくつかのチームに分散して行います。開発者間でプロジェクト情報を交換し、その情報を各自のワークフローに統合するには、AUTOSAR 規格の遵守が不可欠です。SystemDesk 4.1 は、AUTOSAR データモデルを完全にサポートしているため、AUTOSAR デスクリプションファイルの完全なインポートが保証されています。エクスポートしたデスクリプションファイルのスコープと内容を、個別のアプリケーションケースに合わせて調整することができます。例えば、1つ以上の

ECU を使用したシステムアーキテクチャの作成、OEM メーカーとさまざまなサプライヤ間でのデータの交換、サードパーティ製ツールへのファイルのエクスポートなどが可能です。

ソフトウェアアーキテクチャの妥当性確認

AUTOSAR には、正しいモデルを作成する際にソフトウェア設計者が遵守しなければならない多数のルールと制約が定義されています。また、SystemDesk には、AUTOSAR のルールに準拠してプロジェクトの内容を検証するメカニズムが用意されています。ボタンを押すと、範囲外の値、互換性のないデータタイプなどのチェックが行われます。ユーザが、カスタマイズしたルールのサブセットを選択したり、新しいルールを定義することも可能です。SystemDesk で事前に定義したルールは、量産コード生成ツールである dSPACE TargetLink や EB tresos と SystemDesk との間のデータのエクスポートおよびインポートに関する要件を満たしています。ユーザが作成したデスクリプションファイルが、下流のツールによって正しく処理されることが保証されています。

図 2: SystemDesk 4.1 を使用して、プロジェクトツリー、ソフトウェアコンポーネントのダイアグラム、マッピングエディタのダイアログなど、さまざまな方法で AUTOSAR データにアクセスできます。



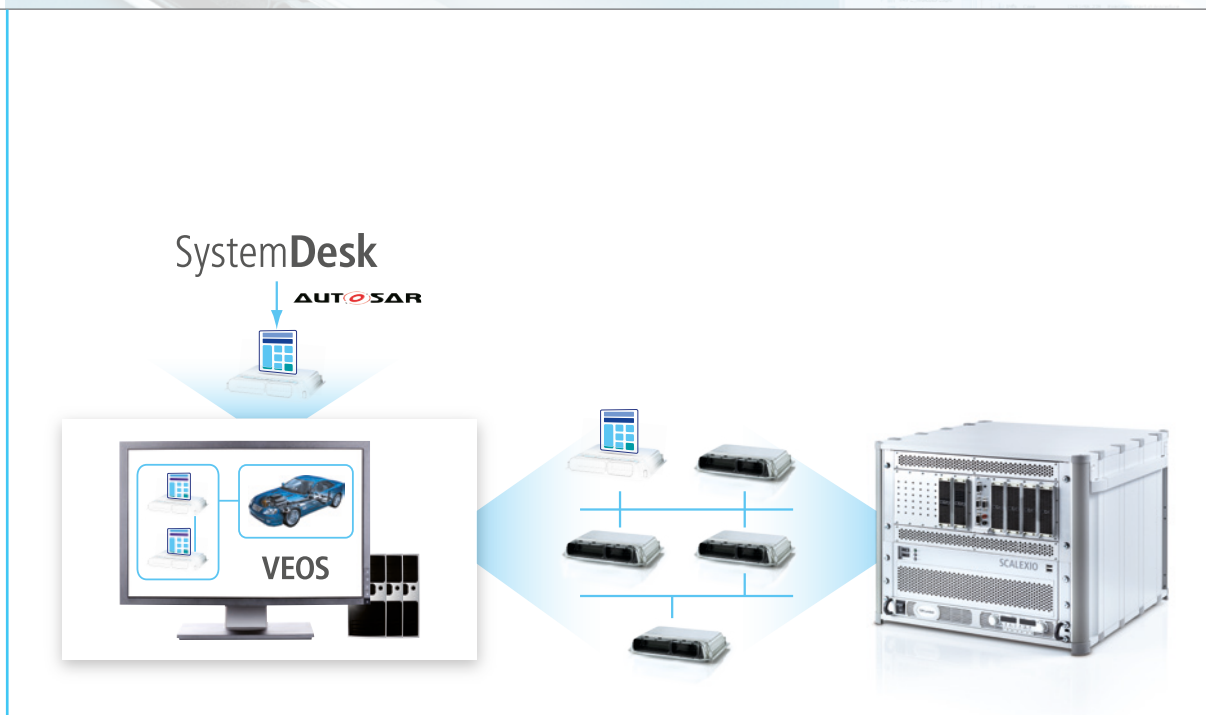


図3：dSPACE VEOS および SCALEXIO 上でバーチャル ECU を実行できます。どちらの場合でも、同じソフトウェアを使用して、バーチャル ECU の構成および処理を行います。

ルーチンタスクの自動化

ユーザは、SystemDesk のオープンな API インターフェースを使用して、別のソフトウェアを挿入したりスクリプトをカスタマイズすることにより、ソフトウェアアーキテクチャを自由に編集できます。これは、下記のような広い範囲のタスクを自動化できることを意味しています。

- 新しいソフトウェアアーキテクチャ用のプロジェクト構造の作成
- 定義したスキーマに基づいて指定したポートの接続
- 反復的なルーチンタスク
- 現行のプロジェクトに関するレポートの作成

ECU の機能のバーチャル妥当性確認

SystemDesk 3.2 は、標準の AUTOSAR 開発プロセスのすべてをサポートしているだけでなく、AUTOSAR R3.x 準拠のバーチャル ECU (V-ECU) の生成もサポート

しています。V-ECU には、実際の ECU と同じアーキテクチャが含まれています。最終製品の ECU と同じように、V-ECU にも、ソフトウェアコンポーネント、つまり、アプリケーションソフトウェアコンポーネントとベーシックソフトウェアコンポーネントが含まれています。V-ECU により、早い段階で、ECU ソフトウェアのテストと妥当性確認を行うことができます。V-ECU を PC ベースのシミュレーションプラットフォームである dSPACE VEOS® 上で実行することにより、ECU のハードウェアプロトタイプが未完成の段階であっても、機能テストや組込みテストを行うことができます。また、シミュレーションモデルと併用することにより、HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションと同じシミュレーションシナリオを使用することができます。dSPACE ControlDesk® Next Generation および dSPACE AutomationDesk® などのソフトウェアツールにより、HIL シミュレーションと同じ

方法で構成および制御を行うこともできます。開発プロセス後期の段階で、dSPACE SCALEXIO® での HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーション向けに、まったく同じ V-ECU を単独または実際の ECU のネットワークに組み込んで使用することができます (図 3)。HIL シミュレーションでのバーチャル ECU の使用方法については、「Virtual ECUs in Action」(52 ページ) を参照してください。ユーザは、SystemDesk 4.2 を使用して、AUTOSAR R4 に準拠した V-ECU を生成することもできます。この新しいバージョンは、2014 年の前半にリリースされる予定です。■

	SystemDesk 3.2	SystemDesk 4.1	SystemDesk 4.2
AUTOSAR R3.0、R3.1、R3.2	✓	–	–
AUTOSAR R4.0 および R4.1	–	✓	✓
ソフトウェアアーキテクチャおよびシステムアーキテクチャのモデリング	✓	✓	✓
dSPACE VEOS 上で PC ベースのシミュレーションを行う場合の V-ECU の生成	✓	–	✓
dSPACE TargetLink および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併用によるアプリケーションシナリオのサポート	✓	✓	✓

```

Controller/Controller_Runnable/(pcs) */
FUNC(void, RTE_APPL_CODE) controller_runnable(CONSTP2CONST(Rte_CDS_Controller, RTE_CONST
instance)
{
    /* SLLocal: Default storage class for local variables | Width: 16 */
    sint16 S12_e1 /* LSB: 2^-9 OFF: 0 MIN/MAX: -64 .. 63.998046875 */;
    sint16 S12_si1 /* LSB: 2^-9 OFF: 0 MIN/MAX: -64 .. 63.998046875 */;

    /* Sum: TL_Controller/Controller_Runnable/e1
    # combined # TargetLink inport: TL_Controller/Controller_Runnable/(ref)
    # combined # TargetLink inport: TL_Controller/Controller_Runnable/(pcs) */
    S12_e1 = (sint16) (((sint32) Rte_IRead_PosController_RequiredSignals_ref(instance)) -
    Rte_IrvRead_PosController_LinPos(instance)) >> 1);
    LOG_VAR(1, _S12_e1, S12_e1);

    /* Sum: TL_Controller/Controller_Runnable/si1 */
    S12_si1 = (sint16) (S12_e1 + *(Rte_Pim_X(instance)));

    /* Sum: TL_Controller/Controller_Runnable/sPI1
    # combined # Gain: TL_Controller/Controller_Runnable/Ki1
    # combined # Gain: TL_Controller/Controller_Runnable/Kp1 */
    Rte_Pim_ACP_1(instance)->S12_sPI1 = (sint16) ((S12_e1 * ((sint16) Rte_CData_Kp(instance)
    ((sint16) (((sint32) S12_si1) * ((sint32) Rte_CData_Ki(instance))) >> 9)));

    /* # combined # TargetLink output: TL_Controller/Controller_Runnable/(upi) */
    Rte_IWrite_PosController_ProvidedSignal_upi(instance, Rte_Pim_ACP_1(instance)->S12_sPI1);

    /* Unit delay: TL_Controller/Controller_Runnable/xi1 */
    *(Rte_Pim_X(instance)) = S12_si1;
}
}

```

TargetLink

/* Sum: TL_Controller

TargetLink 3.5の新しい機能により
コード生成が容易に

The Code Generator

dSPACE の量産コード生成ツールである TargetLink の最新バージョンには、透過的なモデリングを可能にする Simulink の enum データタイプ、AUTOSAR 4.1 準拠の開発、マルチインスタンス化が可能なソフトウェアコンポーネントのサポートなど、新しい主要な機能が搭載されています。大規模なユーザグループでのソフトウェア開発やプロセスのドキュメンテーションも、これまで以上に容易に行えるようになっていきます。

モデリングの柔軟性向上

この TargetLink® の新しいバージョンには、Simulink®/Stateflow® でのモデリング用の拡張機能が数多く用意されています。新しい主要な機能として、Simulink の enum データタイプのサポートがあります。これにより、モデルの可読性が向上しています (図 1)。Simulink と Stateflow のモデルレベルで作業を行っているユーザが、数字ではなくシンボル名を使用できるようになるため、モデルの可読性と保守性が改善されます。TargetLink 3.5 では、ネイティブの Simulink ブロックへの C コードのアタッチも非常に簡単になり、ブロックの量産コードの生成が非常に容易になっています。ユーザがブロック固有の部分のみを追加するだけで適切なファイルフラグメントを生成できる便利な機能も追加されています。モデリングの機能拡張には、Stateflow の「初期化時にチャートを入力する」方法のサポートや、関数呼び出しによりアクセスするサブシステム向けの入力信号のバッファリング機能 (「ラッチ入力」) もあります。

実績のある AUTOSAR サポートの拡張

また、TargetLink 3.5 では、関連する AUTOSAR のすべてのバージョンもサポートされています。AUTOSAR Revision 4.1.1 のサポートが追加され、以前のバージョンのサポートも継続されています。TargetLink では、AUTOSAR の

さまざまなバージョン用のソフトウェアコンポーネントを同一のモデルから生成できるため、さまざまなプロジェクトで容易にモデルを再利用できます。新しい AUTOSAR の基本的な機能には、マルチインスタンス化が可能なソフトウェアコンポーネントの生成があります。これも TargetLink 3.5 でサポートされています (図 2)。TargetLink は、1 つのコンポーネントプロトタイプの複数のインスタンスを、すべて同じコードを使用して 1 つの電子制御ユニット (ECU) 上に構成するためのコンポーネントコードを生成します。この機能とインスタンス固有の AUTOSAR 適合パラメータにより、ECU のリソースが節約できるだけでなく、テスト作業も軽減できます。ソフトウェアコンポーネント用のインクリメンタルコード生成もさらに強力になり、柔軟性が向上しています。SystemDesk® との連携を容易にする TargetLink 独自の妥当性確認ルールにより、SystemDesk アーキテクチャと TargetLink の互換性を直接チェックできます。

コードの効率の向上とバリエーションのサポートの改善

TargetLink 3.5 では、拡張されたコードの最適化機能により、静的なストレージ期間を使用して状態変数を除去し、RAM の容量を節約することができます。これにより、ECU の貴重なリソースを効率的に使用できます。MISRA との互換性も拡張さ

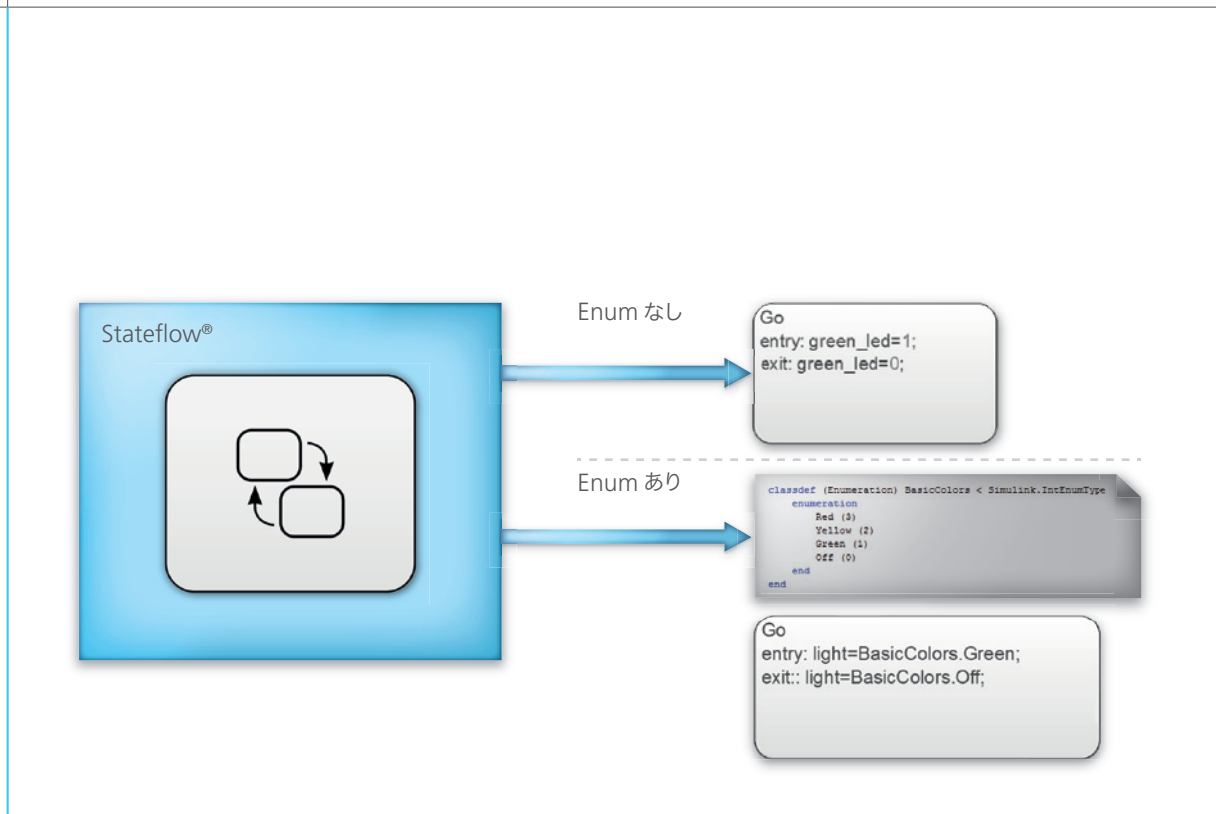


図 1 : TargetLink 3.5 では、モデルの可読性を高めるために Simulink/Stateflow の enum データタイプを使用しています。

れ、新しい MISRA C:2012 規格に必須のすべてのルールをカバーしています。TargetLink 3.5 に導入された新しいコード生成レポートは、使用されたコード生成オプション、明示的な型変換、ポートとその先行ブロックの再設計などの問題を解決するのに役立ちます。後者は、ユーザによる仕様設計の誤りの結果であることが多く、このレポートは、それを発見して修整するのに役立ちます。機能バリエーション用のコード生成も、さらに改善されています。

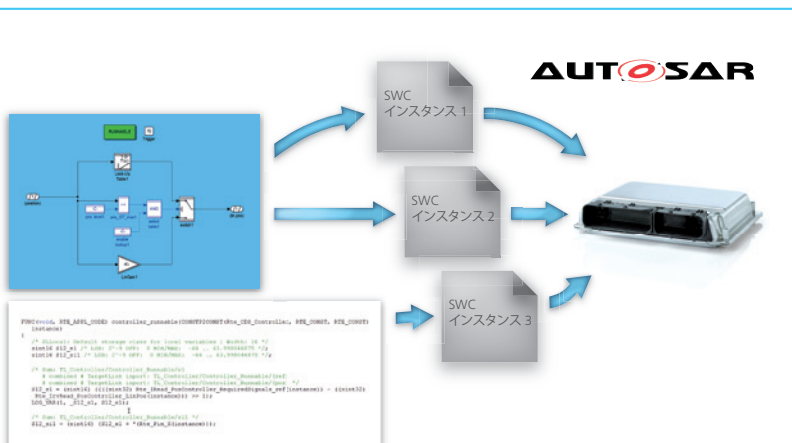
たとえば、Simulink モデリング構造、バリエーション付きのサブシステム、およびモデル参照を使用して、コード生成時にバリエーションを作成できます。これは、単一のモデルですべてのバリエーションを表すことができ、コード生成プロセスの実行直前にユーザがバリエーションを選択するだけでよいことを意味しています。Stateflow では、ビルドプロセスで特定のバリエーションを実装する場合に、サブチャート、状態、遷移の全体をプリプロセッサ命令によりカプセル化し、

一方でアクティブでないバリエーションはコンパイラオプションにより削除できるよう、バリエーションのサポートを拡張しています。

テストサポートとユーザビリティの拡張

TargetLink 3.5 では、モジュールおよび統合テストのサポートが拡張され、Simulink/TargetLink での妥当性確認がさらに効率化されています。たとえば、コードカバレッジツールである CTC Testwell とのツールの統合により、TargetLink で生成したコードによるカバレッジを SIL (Software-in-the-Loop) シミュレーション中に測定して、後で分析することができます。これにより、ISO-26262 準拠プロジェクトで必要になる、デシジョンカバレッジと MCDC カバレッジ (modified condition decision coverage) の値を取得することができます。必要に応じて、PIL (Processor-in-the-Loop) シミュレーション中にコードカバレッジを測定するための特定のターゲットプラットフォームにカスタム接続できます。TargetLink にはテスト用として、可視的な接続線が不要で、かつ実際の量産コードにも影響を与えずに、stimulus 信号を TargetLink サブシステムに供給し、信号値を取得する強力なメカニズムが用意されています。このメカニズムはテストのために、スタブを使用して必要なモデルおよびコード部分

図 2: TargetLink 3.5 では、マルチインスタンス化が可能な AUTOSAR ソフトウェアコンポーネント、つまり 1 つの ECU 上にインスタンスを複数回構成できるコードを生成できます。



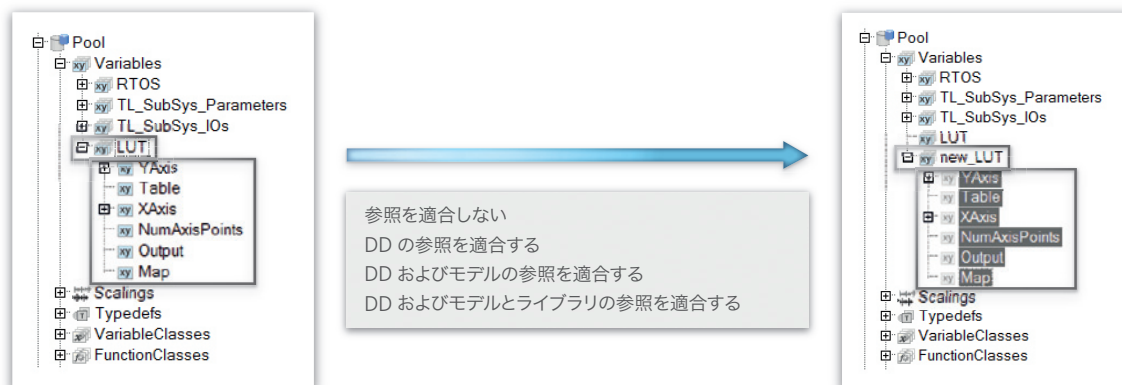


図 3：オブジェクト名の適合など、Data Dictionary の仕様をリファクタリングして単純化（構造的改善）

TargetLink の実績のある AUTOSAR サポートが、バージョン 3.5 ではさらに拡張されています。AUTOSAR 4.1 でのコンポーネントのマルチインスタンス化の問題は TargetLink により解決します。

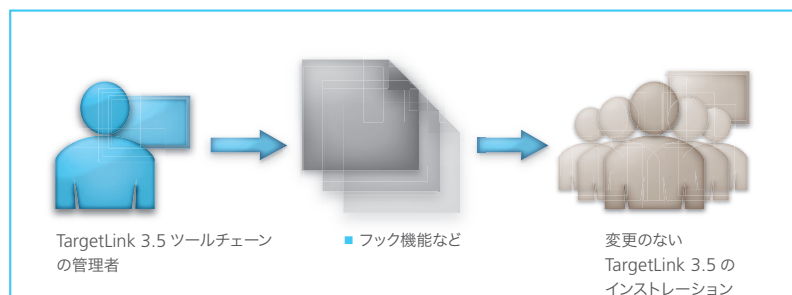
を実装し、シミュレーション中にこのスタブに適切に stimulus 信号を与える場合に便利です。また、複数の Data Dictionary オブジェクトの選択機能の強化といったビジュアル表示および処理の向上や、Data Dictionary オブジェクト（図 3）の名前およびパスを変更するためのリファクタリング（構造的な改善）など、TargetLink のユーザビリティに対する重要な拡張も存在します。

複数の作業グループでの展開が容易

TargetLink 3.5 では、TargetLink のインストールデータと、フック機能などプロジェクト固有の適合ファイルが明確に分離されているため、多数ユーザへの大規模な展開もさらに容易に行えます。プロジェクト固有の部分のバージョン管理の明確化により、TargetLink 3.5 のインストールに変更を加えずに使用できます（図 4）。プロジェクトチームのすべてのメンバーが、フック機能といった同一のプロジェクト設定を使用して作業することができ、プロセスの安全性が大幅に向上します。

TargetLink 3.5 は、現時点で存在する、MathWorks R2013b から MathWorks R2012a までの、MATLAB の 4 種類のバージョンのすべてをサポートしており、32 ビットと 64 ビットのバージョンが用意されています。TargetLink 3.5 は、以前のバージョンと同様、ISO 26262 および IEC 61508 認定となる予定です。■

図 4：TargetLink 3.5 では、大規模なグループへの展開がさらに容易になっています。





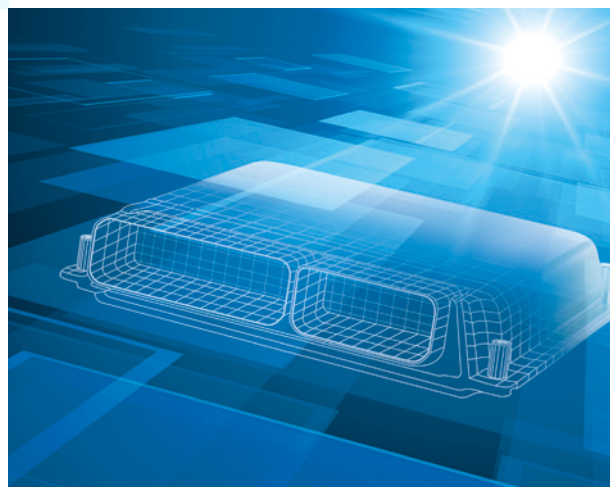
Forward

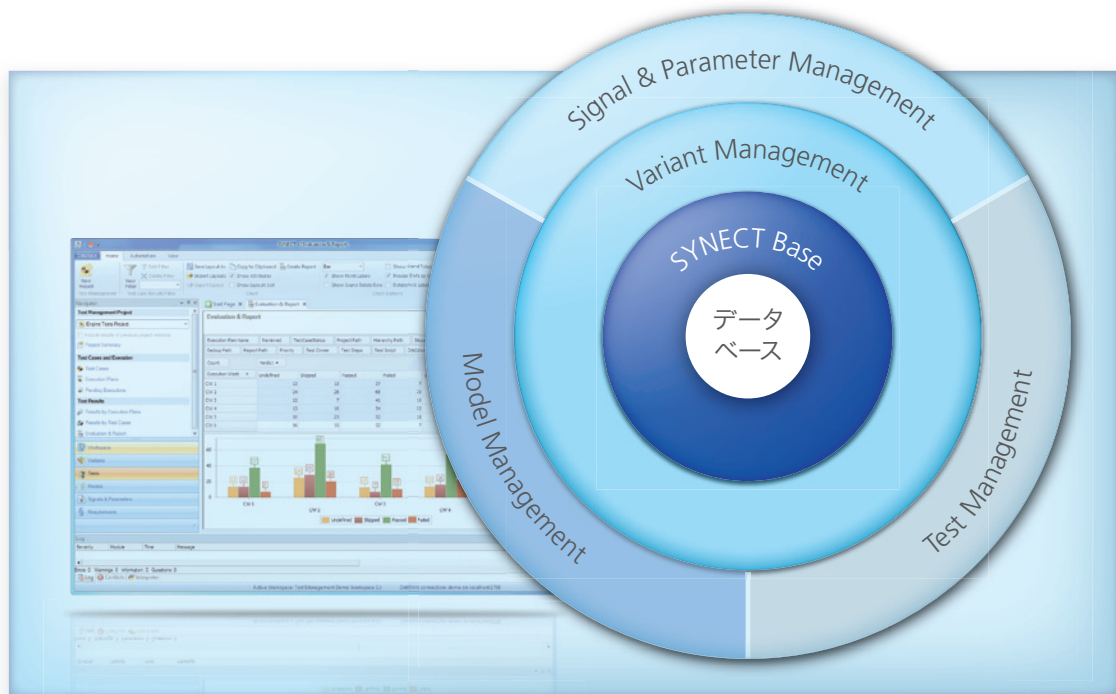
量産コードの自動生成と X-in-the-loop テスト手法によるモデルベース開発は、長年にわたって自動車用ソフトウェア開発プロセスにおける生産性の向上に貢献してきました。新たなソフトウェアベースの車両機能を開発し、その品質を保証するには、洗練されたツールの支援が無ければ到底実現できません。問題は、開発プロセスの進化の将来的な動向です。



開発プロセスにおける生産性を大幅に
改善する手法

Thinking





dSPACE SYNECTによるモジュール方式のデータ管理コンセプト

現状

今日の開発ツールは通常、各開発者によって使用されるスタンドアロン型の分離されたツールではなく、広範なツールチェーンの一部であり、開発プロセスと緊密に統合され、世界中の複数の部門やチームの他のツールとネットワークを構成しています。ASAMやAUTOSARなどの規格の広がりとともに、この数年間でツールのワークフローや相互作用が大幅に改善されています。このような開発プロセスの進歩によって、生産性のさらなる向上が期待されています。生産性の向上には、どのような前提条件が必要になるのでしょうか。はじめに一般的な考えから始めましょう。生産性が向上するとは、「同じ時間内により多くの機能を開発する」ことを意味すると考えられます。ただし、自動車用システムはますます複雑化しているため、現在の水準の生産性を維持するだけでも作業量は増えていくことを考慮しなければなりません。開発に関して大きな課題が2つあります。半自動および全自動走行車の実現を促す先進運転支援システム(ADAS)、および電気自動車です。機能安全に対する要件を考えれば、これらの機能は特に大きな課題と言えます。こ

のようなシステムの実現には、生産性の向上が絶対に不可欠です。生産性が向上しなければ、これまでと同じ時間で同じ数の量産レベルの機能を開発することさえできません。

複雑性を克服するためのコンセプト

複雑性とソフトウェア開発コストの問題を克服しようとする場合、一般的に、自動車産業の開発エンジニアおよび経営陣は下記の行動の1つ以上を取ることを期待されます。

- シミュレーションを増やす、つまり、さらに詳細で複雑なシステムを含めるようにし、既存のシミュレーションモデルを体系的に再利用する。
- ECUソフトウェアの複数のバージョンを連続して生成し、単独またはネットワークでテストを行う。
- システムの妥当性確認を早期の段階で開始し、多くのテストを路上から試験施設に移し、仮想検証の戦略を設定する。
- モデル、テスト、ソフトウェアコンポーネント、およびその他のデータを、複数の開発段階とチームを横断して再利用する戦略を導入する。

企業は、上記の推奨事項の実行に向けて、次の2つの有望なアプローチを研究しています。

- モデルベース開発(MBD)におけるモデル、テスト、およびその他のデータオブジェクトの急速な量の増加に対応するためにアクティブな管理を確立する。ここでの重要な問題は、バリエーション管理、モデルとテストのドキュメンテーションと検索、ユーザビリティ基準(モデル、テストごとの利用目的の明確化)、およびトレーサビリティです。
- 初期の開発段階からPCベースのシミュレーションを行って機能とソフトウェアの妥当性を確認する仮想検証のプロセスを確立し、モデルとテストをその後のHIL(Hardware-in-the-Loop)シミュレーションで再利用できるようにする。

データ管理：必要性

現在のところ、モデルベース開発とECUテストのためのデータ管理は、OEMメーカーおよびサプライヤのITインフラストラクチャにとって標準的なソリューションとして確立しておらず、例外的に行われているにすぎません。ソリューションを確立し



■ 複雑性は、アクティブな集中データ管理によって対応できます。

なければならぬプレッシャーは、各担当者の意見からも分かります。

- 「さまざまな開発段階で生み出されるデータの洪水により、何を検証しているのかエンジニアが見失うリスクがあります」
- 「爆発的に増加するソフトウェアバリエーションの数に対応するために、今後一層の努力が必要になると思います」
- 「ISO 26262 に準拠した、安全志向の開発プロセスを確立するには、完全なトレーサビリティが必要です」
- 「私のチームでは、ツール間でのデータの移動に時間がかかり過ぎています」
- 「モデルベース開発で、特定のデータオブジェクトを効率的に保存および抽出するには、どうしたら良いでしょうか」
- 「HIL テストベンチで不適切なテストに時間を浪費することがないように、私が担当する ECU バリエーションに適するテストを見つけ出すには、どうしたら良いでしょうか」

多くの企業では、上記のような課題に対するソリューションを見つけるための活動を始めています。多くの場合、これは、社内

ソリューションの開発を意味しています。そして、そのソリューションの多くは部分的なものでしかありません。社内開発は、長期間の保守や、新しい要件に適合させるための拡張が必要になると、たちまち、その限界を露呈します。製品のライフサイクル管理 (PLM) とアプリケーションのライフサイクル管理 (ALM) 用の既存のツールでは、モデルベース開発の成果物や成果物間の関係を必要な詳細度で表現することはできません。制御モデル、モデリング深度の異なるプラントモデル、ソースコードとオブジェクトコード、パラメータセット、シグナル記述、トポロジ/アーキテクチャ記述、AUTOSAR オブジェクト、テストシナリオ、テストスクリプト、テスト結果と stimulus 信号などはすべて、MBD プロセスの一般的なデータオブジェクトであり、一連の論理的手続きにより管理する必要があります。

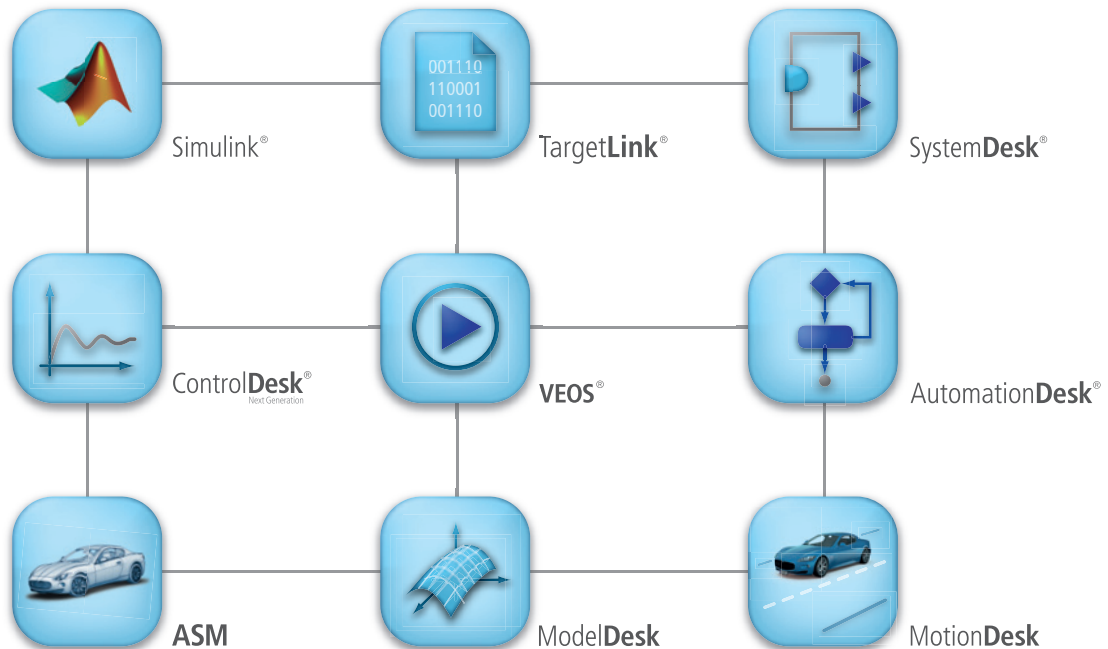
要件の例：モデル用のデータ管理

シミュレーションモデルは、データ管理ソリューションに必要な要件を表している、MBD オブジェクトの良い例です。シミュレーション、ECU テスト、およびソフトウェアのビルド用としてモデルをアセンブル

できるよう、インターフェース、パラメータ、バリエーションの妥当性といったモデルのプロパティは、ユーザ固有のデータとともに必要な詳細度で保存しておく必要があります。車両レベルでの統合モデルからライブラリ内の個別のブロックまでのすべてのレベルで横断的にモデルを再利用できるようにするためには、モデルをブラックボックスとして扱うのではなく、モジュール方式と階層構造により内部的に表現する必要があります。トレーサビリティを実現するには、すべての階層レベルのモデル部分またはシグナルを、その仕様の要件ごとに関連付けることが必要です。同様に、テストの自動化の場合も、テストバリエーションのユーザビリティを、特定のモデルパラメータの値を条件とする必要があります。これは、現在のコンフィギュレーション管理システムで使用されている、ファイルベースでのモデルおよびテストのストレージでは実現できません。

モデルベース開発でのデータ管理

新しい dSPACE 製品の SYNECT® は、これらの要件を満たすソリューションとして進化しています。バリエーション管理が統合され、テスト、モデル、およびその他のエン



仮想検証のためのツールチェーン

ディティの管理がサポートされています。モデルの作成および編集、自動コーディング、テスト開発などのタスクに使用しているエンジニアリングツールをSYNECTに接続すると、定義された一貫性のあるデータバージョンを日常の作業に使用でき、データベースへのフィードバックも管理された方法で行うことができます。また、SYNECTを既存のITインフラストラクチャに統合することもできます。SYNECTと、ALM/PLMなどのツールとの間でのデータ交換は、Open Services for Lifecycle Collaboration (OSLC) などのインターフェースにより確立できます。双方向のトレーサビリティを、必要に応じた詳細度で実装できます。たとえば、要件および要件から導かれた項目（制御モデル、テスト、テスト結果など）との関係を、ISO 26262に完全に準拠した形で文書化することが

できます。開発プロセス全体を通じて、データの一貫性が大幅に改善され、コラボレーションの効率が上がり、データを簡単に再利用できるようになります。

バーチャル ECU による検証戦略

仮想的な世界で高度な妥当性確認を行うには、対象となる ECU における早期の段階での連続的なソフトウェア統合が必要であり、ECU のテストをリアルな環境モデルを使用した PC シミュレーションでの「バーチャル ECU」として、個別に、またはネットワーク内で行う必要があります。これにより、エンジニアは、複雑なマルチ ECU 機能のパフォーマンスを初期の段階で検証できます。制御ストラテジやソフトウェア実装のエラーの早期検出が可能となり、時間と費用の節約になります。シミュレーションをリアルタイムの条件下で行う

が必要ないため、HIL テストベンチを使用するよりも、さらに詳細な環境モデルや、さらに複雑なシミュレーションプロセスを使用することができます。これにより、機能の最適化を最大限現実に即した形で実現できます。

VEOS シミュレーションプラットフォーム

dSPACE では、仮想検証用として、VEOS[®] を提供しています。これは、バーチャル ECU、分散制御、および環境モデル用の PC シミュレーションプラットフォームです。通常、バーチャル ECU は AUTOSAR 規格に基づいてソフトウェアコンポーネントで生成されますが、Simulink[®]/TargetLink[®] 制御モデルから、直接作成することもできます。サービス、オペレーティングシステム、通信スタックなどのベーシックソフトウェアモジュール



ルを追加することで、ECUの挙動を実際に表現できます。さまざまなモデリングツールで作成した環境モデルを、新しいFunctional Mock-up Interface (FMI)規格で統合することも可能です。PCシミュレーションが特に効率的で強力である理由は、HILテストベンチ上で使用可能なすべてのテストおよび試験ツールを、VEOSと連携して使用できる点にあります。日常的に使用しているツール環境で広範囲のシミュレーション実行とテストを開発し、PC上で実装および実行することができます。これにより、PC上でモデルの構成、パラメータ化、妥当性確認を行えます。同じツールを使用して、すべてのモデル、テスト、およびデータをHILテストベンチで再利用できるため、テスト開発などの「非生産的な」タスクをHILシステム上で行わなくて済むようになります。

■ 仮想検証は時間と費用を節約します。

実際のECUのテストへのシームレスな移行

バーチャルECUは、入手できないECUの代替品またはテスト用デバイスとして、HILテストベンチ上で実物のECUと組み合わせて実行することができます。ECUネットワーク内のすべてのバーチャルECUを、実物のECUに置き換えていくことで、実際のECUネットワークのテストへの移行をきわめて円滑に行うことができます。OEMメーカーおよびECUサプライヤは、このような統合ツールチェーンを使用して仮想および実物のECUの両方のテストを行うことにより、新しい妥当性確認戦略を定義および開発できます。この新しいテスト方法が自動車用ソフトウェア開発にもたらすメリットは、自動車メーカーで実際に行われたパイロットプロジェクトによって実証されています。■

Dr. Rainer Otterbach, dSPACE

まとめ

高品質かつソフトウェアベースの車両機能がますます増えていく中、今後の自動車用ソフトウェア開発における生産性の維持や向上を図るには、複雑性に対応するための新しいアプローチが必要です。アクティブなデータ管理と仮想検証戦略は、最先端のモデルベース開発に基づいて構築されおり、開発プロセスをさらに最適化できる可能性を秘めた効果的なアプローチです。dSPACEでは、新製品のSYNECTとVEOSをベースにした要求駆動ソリューションの提供により、お客様とともに、革新へと続く新しい道を構築していきたいと考えています。

Dr. Rainer Otterbach
dSPACE GmbHの製品管理責任者



HIL シミュレーションのための SCALEXIO フィールドバス ソリューション

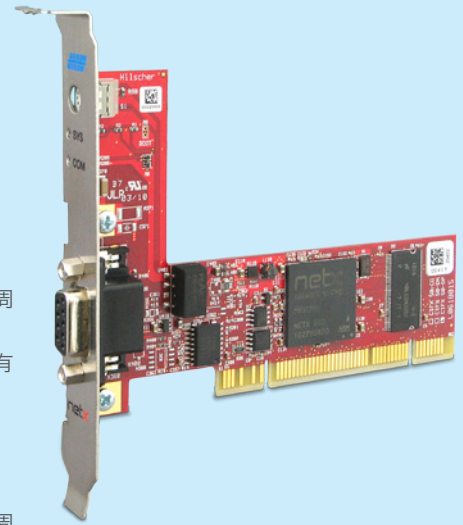
新しい dSPACE SCALEXIO® フィールドバスソリューションを使用すると、Profibus や EtherCAT などの各種フィールドバスに SCALEXIO HIL (Hardware-in-the-Loop) システムを接続できます。このソリューションは、リアルタイムモデルに最適な帯域幅を提供するために SCALEXIO プロセッサユニットに差し込む PCI カードがベースとなっています。特別に開発されたデバイスドライバにより、リアルタイムシミュレーション機能が保証されます。フィールドバスの種類によって必要なライセンスは異なります。設定は、dSPACE ConfigurationDesk® で行います。

Profibus への接続

- バスマスターとスレーブをサポート
- 選択可能なバスサイクルタイムによる周期的なデータ交換
- SyCon.net で行われる Profibus 固有の設定

EtherCAT への接続

- バスマスターとスレーブをサポート
- 選択可能なバスサイクルタイムによる周期的なデータ交換
- バス同期割込み
- 分散型クロック
- 500 μ s 以上の EtherCAT マスターバスサイクル



- EtherCAT バスマスターによる EtherCAT スレーブバスサイクル

ブレーキおよびサスペンション向け仮想空気圧モデル

dSPACE は、空気圧ブレーキシステムおよびエアサスペンションシステム向けのシミュレーションモデルを 2014 年初めから提供する予定です。ASM Pneumatics モデルライブラリは、商用車用ブレーキと乗用車向け快適機能の現実的なシミュレーションモデルを自動車用シミュレーションモデル (ASM) 製品ファミリに追加します。このモデルライブラリは、電子ブレー

キシステム (EBS)、空気圧制御ユニット、およびレベル制御を行う制御ユニットの設計とテストを対象としています。ASM Pneumatics は、すべての要素を備えた現実的な空気圧システムを、乗用車向けモデル (ASM Vehicle Dynamics)、トラック向けモデル (ASM Truck)、およびトレーラ向けモデル (ASM Trailer) に追加します。仮想空気圧システムでは、空気

ブレーキシステムおよびエアサスペンションシステム向けに、クリックで選択してすぐ使用できるシミュレーション設定を多数用意しています。また、GUI を介してケース固有のパラメータを割り当てることができます。すべてのモデル、パラメータセット、およびシミュレーションは 1 つのツールで操作します。これにより、オフラインシミュレーションから HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションまで一貫したデータ処理を実現できます。現実世界の空気圧システムに基づいてモデリングされた ASM Pneumatics には、コンプレッサ、タンク、バルブ、ブレーキチャンバなどの一般的な空気圧コンポーネントが用意されています。このモデルには、純粋な機械/空気圧によるブレーキシステムへのフォールバック機能が備えられています。さらに、ASM Pneumatics では複数のトレーラをまとめることができるため、空気圧ブレーキを装備した連結トレーラの設定が可能です。■



MicroAutoBox II : CAN チャンネル、アナログ I/O の増加による適用分野の拡大



MicroAutoBox II は、エンジニアが EV / ハイブリッド車の高度な制御システムのプロトタイプを作成するために必要な多数の CAN チャンネルをさらに提供できるようになりました。さらに、アナログ入出力チャンネル (I/O) の増加により、燃焼エンジンの高度なエミッションコントロール要件に対応できます。MicroAutoBox II 用の新しい DS1513 I/O ボードは、CAN チャンネル数が 6 に拡張され、アナログ I/O も ADC が 32、DAC が 8 に拡張されています。これらの I/O インターフェースは、ユーザが直感的に操作できる dSPACE Real-Time Interface (RTI) プ

ロックセットを使用して Simulink® 環境で容易に設定することが可能です。CAN メッセージおよび通信制御ストラテジは、RTI CAN Blockset または RTI CAN MultiMessage Blockset を使用してプログラミングすることができます。DS1513 ハードウェアは次世代の CAN パーシャルネットワークの要件に対応できるように設計されています。この機能により、CAN ノードを選択的に切り替え、エネルギー最適化ストラテジのプロトタイプが可能となります。このハードウェア機能を活用するためのソフトウェア機能は、今後の dSPACE Release で提供さ

れる予定です。DS1513 I/O ボードは、自由にプログラミング可能な FPGA と組み合わせることにより、非常に高速な計算処理を必要とするソフトウェア機能のプロトタイプをサポートします。オプションの Embedded PC への接続により、先進運転支援システムのコントローラ開発に必要なとされる各種の新しいセンサの統合を可能にします。この新しい DS1513 I/O ボードが統合された MicroAutoBox II は、2014 年の初めにリリース予定です。■

Python 2.7 への切り替え



dSPACE は多くのお客様からのご要望に応え、Release 2013-B からソフトウェアツールが使用する Python インタープリタを最新バージョンの Python 2.7.5 に切り替えました。dSPACE が Python 2.7.x 開発シリーズを使用することを決定したのは、Python 3.x とは異なり、以前サポートしていたバージョンである Python 2.5 と基本的な互換性があるためです。同時に、dSPACE は、ユーザがアップデートを行い、独自の拡張を実装できるように、

標準的な Python インストールと Python ライブラリを統合して提供します。

これらの変更により、ユーザには次の利点があります。

- Python パッケージの追加/削除が可能
- 最新の Python 拡張モジュールのインストールが可能
- 言語拡張が使用可能
- バグの修正

- Python 2.7.5 は最新のオペレーティングシステムと互換性があります。

互換性のないバージョンやそれらの対処方法を含む、新しい Python のバージョン変更に関する有益な情報は、下記を参照してください。

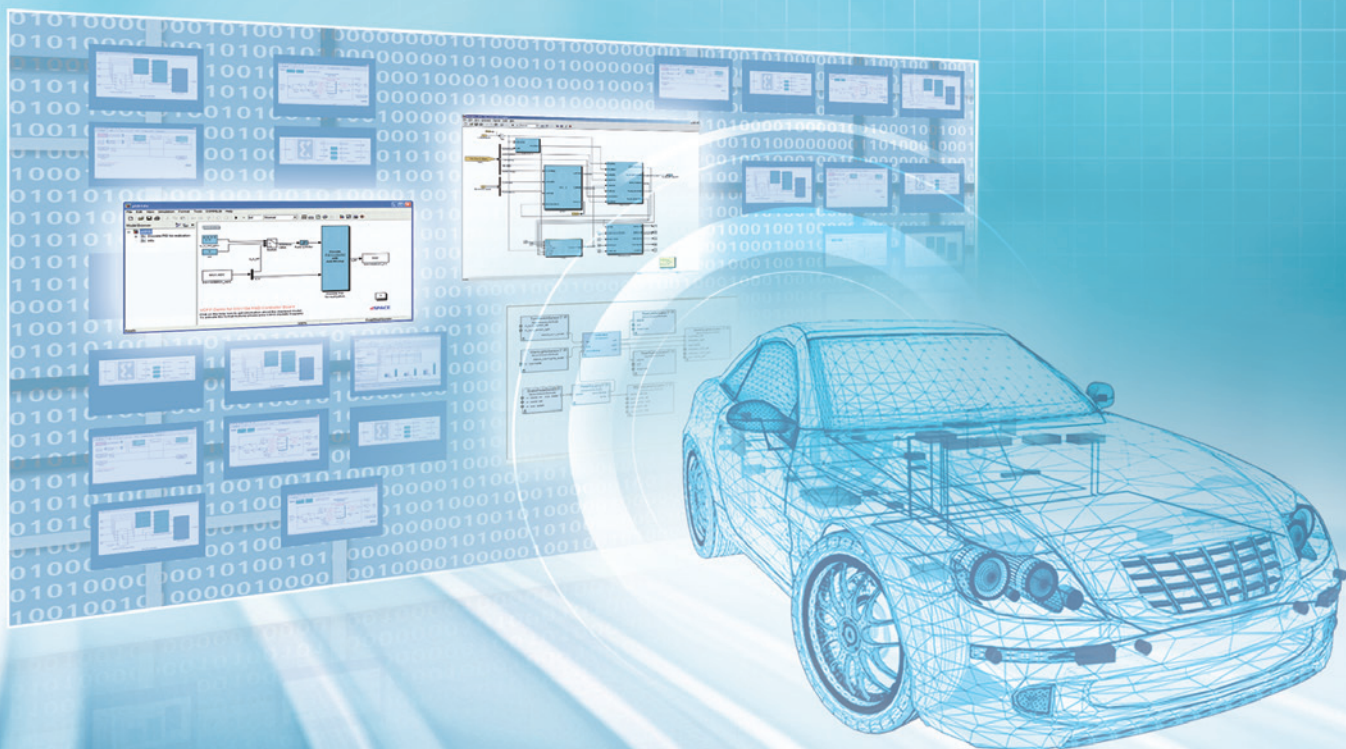
www.dspace.jp/go/jp_python27migration ■



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



Get a Grip on Your Data with dSPACE SYNECT®



開発者にとって、データは貴重な財産。だからこそ、モデルやテストの内容／結果などすべてのデータを把握し、思いのままに管理・活用したいという開発者も多いことでしょう。そんなニーズに応える新たなソリューション、統合データ管理ツール「SYNECT」登場。モデルベース開発に必要なデータの一貫性を保証でき、要件からECUテストまで、全プロセスを通じてトレーサビリティと再利用を容易に実現します。

dSPACE SYNECT、それは効率的な統合データ管理ソリューションです。

Embedded Success

dSPACE