

dSPACE MAGAZINE

1/2019

Volkswagen社

制御ユニットの仮想開発
およびテストによる
効率性の向上 | Page 26

Daimler社 – 新しいソフトウェアの統合を
高速かつ信頼性の高い形で自動化 | Page 6

ミシガン工科大学 – 協調的な制御方式により、
経済性に優れた車両を 実現 | Page 22

Fiat Chrysler Automobiles 社 (FCA) におけるセンサの最適化

一般的には、1つよりも2つの方が良いと言えますが、車載コンポーネントに関しては、通常2つより1つの方が良いと言えます。FCA USでは、自動緊急ブレーキ (AEB) システム向けのカメラおよびレーダーセンサの統合に着手し、2019年に設計変更が行われたジープラングラー SUV、および2019年に新たに発売されたラム 1500 ピックアップトラックにおいて、これらのテクノロジーをバックミラーに隣接する単一のコンポーネントに収めることに成功しました。



「カメラとレーダーを統合することにより、AEB が普及し、お客様にメリットが提供されます。当社では、dSPACE ツールを使用することで加速度的に技術開発を進めることができました。」

Phil Jansen 氏、製品開発部門の責任者 – FCA North America 社



「お客様の成功を
お手伝いします。」

読者の皆様へ

昨年の3月に、私は dSPACE の CEO となり、非常に充実した刺激的な時間を過ごしています。私たちの業界は、急激な変革の時代の真っただ中にいます。私は、当社の社員や創業者である Herbert Hanselmann 氏との会話や、特にこのマガジンの読者のお客様との対話を通じて、これを確信しています。私は、このような皆様との個人的かつ直接的な交流を重視しており、今後もそうするつもりです。

私は、ここ数ヶ月間で多くのお客様と意見交換をしました。そして、dSPACE の成功は長年にわたるお客様からの支援によって実現したのだということに感銘を受けました。ほぼすべてのお客様にとって、dSPACE とのコラボレーションは、次世代製品の開発に役立ったと言えると思います。私は、今後もこれらのお客様とのパートナーシップを強化したいと考えています。

また、当社のソフトウェアおよびハードウェア製品、さらには共同プロジェクトに関する信頼性と品質は、お客様から本当に高く評価していただいていることも分かりました。これらの強みを通じて、これからも私たちはお客様と相互に成功し続けていくことでしょう。

今は前進することが重要です。自動運転とそれを実現する電動駆動による移動応用による全体的な移動手段を使った新たなビジネスモデルが開発するシステムの基本的な要求構成と評価プロセスを変えてきています。今お客様が開発しているシステムの複雑さも処理すべきデータの量と同じように急激に増えています。これらすべてが開発やテストに直接的に影響

し、最終的にはお客様の期待値となります。dSPACE のお客様は、「20 年前の HIL 革命を経て、現在は仮想検証に関する新たな革命が起きるのではないのでしょうか。」と述べています。今回の dSPACE Magazine の記事からも分かるように、当社はこれらの開発に対する取り組みや投資を既に行っています。Volkswagen 社および Case New Holland Industrial 社の記事では、dSPACE の仮想検証ツールが両社の成功にどのように貢献したかについて説明しています。38 ページをお読みいただくと、当社が新たに開発した自動運転車両の妥当性確認向けシミュレーションソリューションについて、詳細をご確認いただけます。

読者の皆様、dSPACE は絶えず将来への投資と研究開発費を惜みず、最新の技術革新を適切な時期に提供できるように準備をしています。たとえば、当社は新しいテスト手法だけでなく、クラウドソリューションや人工知能についても継続的かつ集中的に取り組んでいます。当社の目標は、お客様が現在のシミュレーションプロジェクトや妥当性確認プロジェクトを最大限に効率化および最適化できるよう、サポートを提供することです。複雑なプロジェクトの開発期間を短縮しながら容易に管理できるようにするためには、お客様との緊密な連携が重要です。当社の最優先事項は、お客様を成功に導くお手伝いすることなのです。

Martin Goetzeler



DAIMLER社 | PAGE

6



CNH | PAGE

10

出典：© ヤンマー株式会社



ヤンマー社 | PAGE

18

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：Dr. Stefanie Koerfer, Ralf Lieberwirth, Lena Mellwig, Dr. Gerhard Reiß, Patrick Pohsberg, Sonja Ziegert

協力：Alicia Garrison, Sebastian Graf, Sven Flake, Holger Krumm, Michael Lagemann, Caius Seiger, Gregor Sievers, Christopher Wiegand

編集および翻訳：Robert Bevington, Stefanie Bock, Anna-Lena Huthmacher, Stefanie Kraus, dSPACE Japan 株式会社

デザインおよびレイアウト：Jens Rackow, Sabine Stephan

日本語翻訳：株式会社シュタール ジャパン

カバー写真：Volkswagen

© Copyright 2019

すべての権利は留保されています。書面による許可なしに、本文書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

お客様の事例

6 Daimler社

Powertrain Tests at the Push of a Button

さまざまなHILテストシステムに対応したテスト環境の自動作成

10 CNH社

Bottleneck Relief

仮想検証によるテストプロセスでの障壁の克服

14 ZF社

Real Virtuality

車両計測に基づいたテストコースと現実的なトラフィックシナリオの自動作成

18 ヤンマー株式会社

Testing On Demand

さまざまな農業機械のテスト要件を満たすことができる極めて柔軟性の高いHILシミュレータ

22 ミシガン工科大学 / GM

Efficient Platooning

自動運転車両のエネルギー効率を向上させる協調的かつ予測型の制御方式

26 VW社

Naturally Virtual

SIL (Software-in-the-Loop)を活用したV-ECUの効率的な妥当性確認

30 ミシガン大学

From 3-D Printing to 3-D Sprinting

独自のアルゴリズムによる2倍速3Dプリントの実現

34 Wabco社

Smart Software, Smart Trucks

セーフティクリティカルな運転支援システムの開発をサポートする効率的なプロセスと手法

dSPACE 製品

38 センサシミュレーション

Objective Capture

現実的なセンサシミュレーションによる自動運転機能の妥当性確認

46 アダプティブV-ECU

Adaptation Talent

AUTOSAR Adaptive Platformにより、アプリケーションソフトウェアの動的な展開をサポート

ビジネス

48 コンサルティング

Efficient Processes – Not by Coincidence

プロセスコンサルティング – dSPACEポートフォリオの新たなサービス

ニュース

52 拡張を続けるSCALEXIOシステム

53 作業の効率化をSYNECTベースのHILテストオートメーションで実現

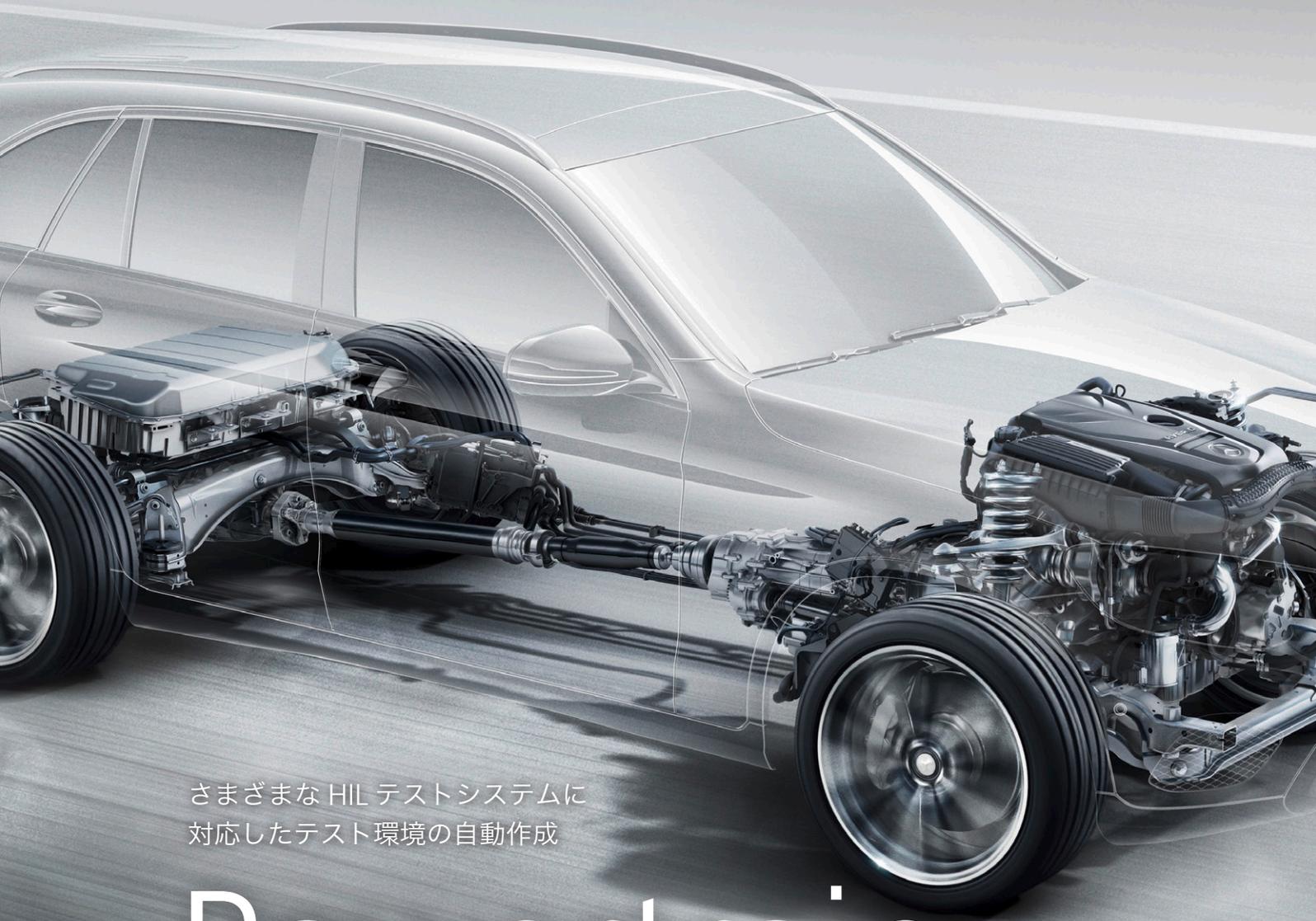
54 TargetLink: SimulinkモデルのMATLABコードをサポート Embedded SPUにより、車載プロトタイピング向けの製品ポートフォリオを拡大

dSPACE on Board

55 BMW社: 無人オートパイ

VEDECOM社: 故障したセンサでも安全

MdynamiX社: 音をアクティブに生成



さまざまな HIL テストシステムに
対応したテスト環境の自動作成

Powertrain Tests

at the Push
of a Button

新しいパワートレインのテストなどで、迅速かつ安全にモデル統合バージョンを作成する場合、dSPACE のデータ管理ソフトウェアである SYNECT を使用すると、HIL シミュレータファームにおけるワークフローの自動化を行うことができます。

高度な内燃エンジンやハイブリッドドライブ向けのパワートレイン設計において、アーキテクチャに新しい手法を導入しながら、同時にバリエーション数も増加させるのは開発者やツールチェーン管理者にとっては難しい課題です。Daimler AG では、高品質なパワートレインシステムを保証できるようにするため、以前からシステム検証に HIL (Hardware-in-the-Loop) テストを導入してきました。パワートレイン、車両全体、動的環境、およびネットワークアーキテクチャ間の複雑かつ極めて多様な相互作用を十分に再現およびテストできるようにするには、大規模かつ高度に柔軟なシミュレーション環境が必要です。そのため、同社ではさまざまな種類の HIL シミュレータを使用しています。それらはすべて汎用的な構成を持ち、すべてのプロジェクトに必要な I/O を備えています。これにより、個々のプロジェクト要件に合わせて特定の設定をすばやく調整することが可能です。同社のユーザチームでは、PHS (Peripheral High-Speed) バスベースの dSPACE HIL システムと dSPACE SCALEXIO HIL システムを同時に使用しています。また、ドイツ、インド、中国など、海外のさまざまな場所に分散した部門間でパワートレインの開発を行う際は、複数のエンジンおよびトランスミッション HIL シミュレータを組み合わせて使用しています。シミュレーションモデルを作成したり、HIL ファームのすべてのシミュレータをビルドしたりする場合、開発者はドイツの拠点にある 1 台の中央データリポジトリにアクセスします。HIL テストで使用する環境

モデルや I/O モデルの新しい統合バージョンは、開発段階において安全かつ効率的な方法で継続的に作成しなければならないだけでなく、HIL テストシステムのさまざまな設定を考慮する必要もあります。そのため、自動化されたアプローチが不可欠です。dSPACE のデータ管理ソフトウェアである SYNECT をベースとした Workflow Management (WFM) ソリューションを使用すると、必要なビルドを簡単に作成することができます。

一元的なワークフロー管理を利用する理由

HIL シミュレーションに使用するモデルは、さまざまな担当者がモジュールとして開発した各種のコンポーネントを組み合わせたものです。そのため、テストの前には、関連するコンポーネントが適切に組み合わせられているか確認する必要があります。ビルドワークフローを自動化すると、これを容易に行うことができます。通常は、次の担当者が協力することが必要です。

- エンジンモデル作成者
- トランスミッションモデル作成者
- CAN モデル作成者
- FlexRay モデル作成者
- I/O 設定担当者
- ツールチェーンおよびフレームワーク管理者
- インテグレータ

上記の担当者はそれぞれ、多様なモデル、モデルコンポーネント、およびモデルバージョンを使用しますが、モデルソースは中央のデータリポジトリ (この場合は

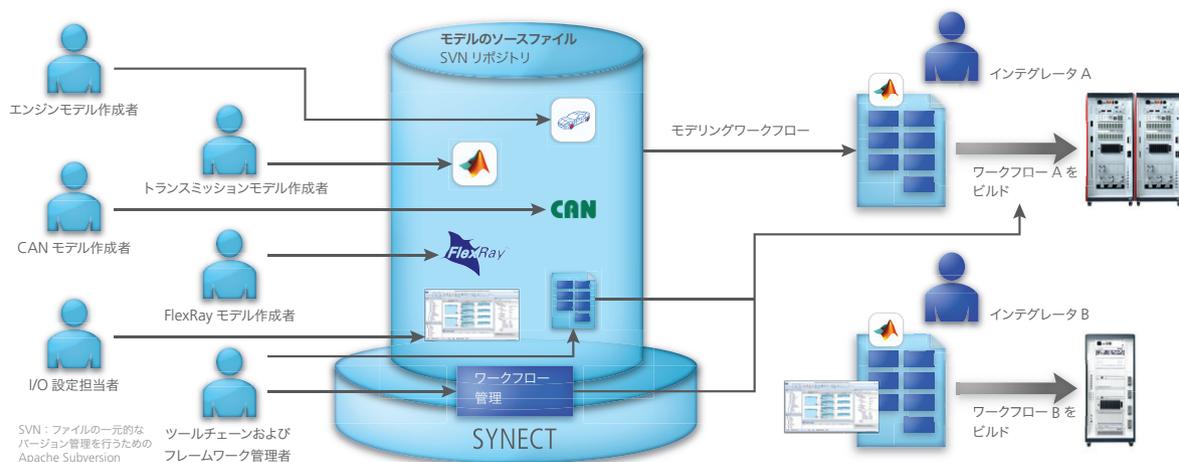
Apache Subversion) に格納されています。新しい統合バージョンを作成するには、個々のコンポーネントを事例に応じたモデル全体に結合する必要があります。最良のフローは以下の通りです。SYNECT ベースの Workflow Management により、バージョン管理ファイルを使用して直接データにアクセスし、ビルドプロセスに必要なすべてのデータを組み合わせます。データには、HIL テストに必要な正しいバージョン、パラメータ、HIL シミュレータなどが含まれます。WFM を使用すると、インテグレータがツールに基づいて迅速かつ自動的に統合を行えるようになるため、ユーザの操作は最小限になるか、または一切不要になります。また、すべての関係者がシングルソースのモデルにアクセスできるだけでなく、PHS および SCALEXIO シミュレータの I/O やバスを組み合わせると自動的に処理できるという利点もあります。さらに、マルチビルドを実装することも可能です。これらを使用すると、さまざまな HIL 設定に対して複数の実行ファイルを次々に自動作成することができます。

効率性の高いワークフロー

SYNECT ベースの Workflow Management を使用すると、開発者は複雑なモデルを手作業で組み合わせる必要がなくなります。WFM には、ユーザの操作を明示的に除外することでデータの整合性を確保するワークフローが含まれています。これらのワークフローでは、HIL テスト用のいわゆるリリース実行ファイルが作成されます。リリース実行ファイルはいつでも再

>>

SYNECT ベースの Workflow Management を使用すると、車両バリエーションのテスト環境を自動的にモデリングし、世界各地の dSPACE HIL システムに提供することができます。



インテグレータは、SYNECT によってワークフローを自動化することで、HIL テストに使用するモデルの新しい統合バージョンをすばやく作成できます。

現可能であり、これらを使用すると、基盤となるモデルソースリポジトリのバージョンを追跡することができます。これは、テスト結果がどのように取得されたかを直接理解するうえで不可欠です。また、この種のトレーサビリティは、機能安全に関する ISO 26262 規格の要件を満たすためにも必要です。dSPACE WFM では、個々のワークフローが複数のステップで構成されています。これらのステップでは、MATLAB M、Python、およびバイナリファイル、またはバージョン管理システムに固有の設定環境を小さな単位で自動化します。WFM には事前に設定された多数のステップがありますが、ユーザが自分で作成することもできます。ステップを順番に並べると、特定のワークフローが完成します。

定義された各ステップは、複数のワークフローで使用することができます。実行順序はドラッグアンドドロップで指定できます。ステップは、無事に完了することもあれば、エラーになることもあります。このような結果は、ワークフロー全体の結果チェックに組み込まれます。ワークフローの実行が成功しなかった場合、エラールーチンが実行される場合があります。同社では、WFM ベースの HIL プロジェクトにおいて、さまざまな担当者や使用事例に対応するワークフローを定義しました。これには、モデリング環境を開くモデル作成者向けのワークフローや、インテグレータが統合環境全体を確認して必要な場合はリリース実行ファイルの機能を解析および改善できるようにするためのワークフローなど

があります。また、(必要な場合には作業のコピーをバージョン管理システムと同期させるステップのアクティブ化も含め) モデルをロードして解析を行い、ユーザが一切操作することなく完全自動でビルドを作成できるワークフロー (リリースビルド) もあります。すべてのワークフローは、SCALEXIO ベースおよび PHS ベースのシミュレータで利用でき、それらには関連する HIL テクノロジーに固有のツールオートメーション機能が含まれています。ワークフローを開始するには、WFM Starter を使用します。WFM Starter では、プロジェクトやバリエーション設定などの事前定義済みの要素や実行対象のワークフローを選択することができます。実行過程や実行の成功結果は、グラフィカルに表示されます。

Loïc Brouillard 氏 (左) は、HIL シミュレータのトランスミッション電子制御ユニットを担当するプロジェクトリーダーです。Patrick Pfeil 氏 (中央) は、HIL シミュレータのエンジン電子制御ユニットのモデリングと統合を担当するプロジェクトリーダーです。両氏ともシュトゥットガルトの Daimler AG に勤務しています。Christian Schmidt 氏 (右) は、dSPACE GmbH シュトゥットガルトプロジェクトセンターで HIL グループマネージャを務めています。

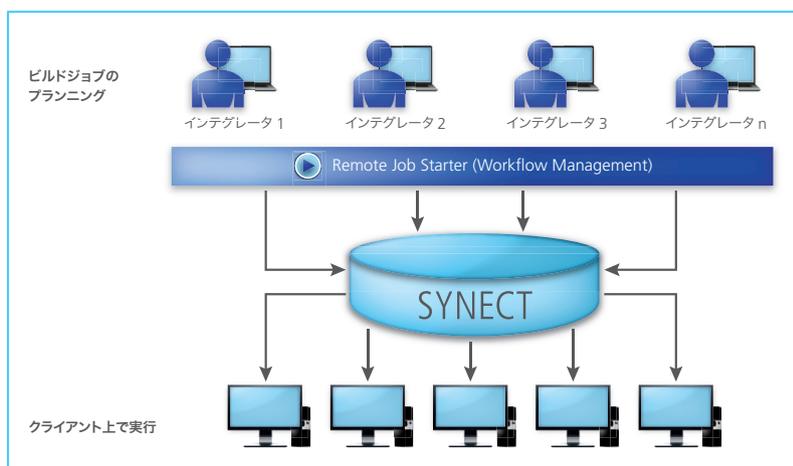
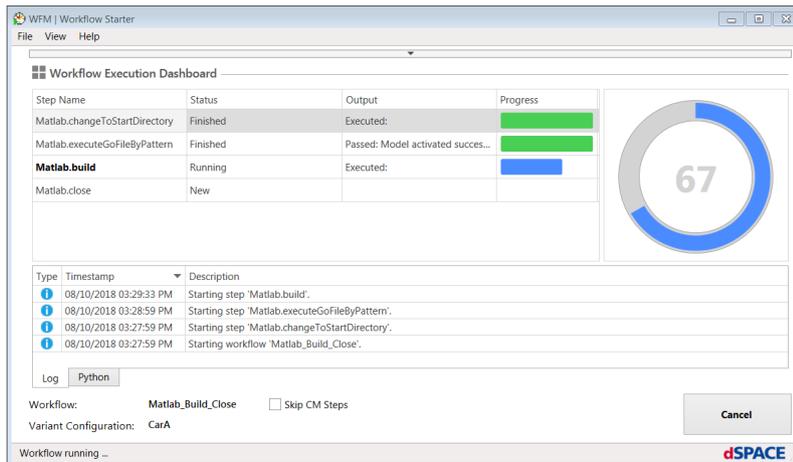
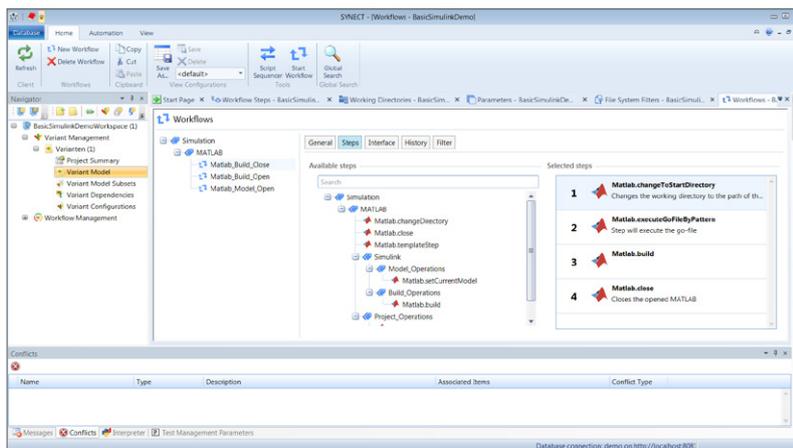


マルチビルドは、HIL の実行ファイルを作成する際のもう 1 つの重要な要素です。これらは、SYNECT で一元的に定義されているジョブにより生成されます。これらのジョブはスケジューラを介して設定することができ、クライアント上で実行する場合は Remote Job Starter により開始できます。このように、手作業による操作を排除することで、クライアントをリモートジョブ用として有効活用したり、ジョブをイベントごとに開始したりできるようになります。さらに、専用のビルドマシンを使用して、バージョン管理システムにチェックインしたファイルから定期的または継続的にビルドを作成することもできます。

まとめと今後の展望

パワートレイン開発の分野において、SYNECT を使用してワークフローを自動化すると、HIL ベースのテスト用シミュレーションモデルを自動的に作成できるようになります。また、WFM を使用すると、モデル作成やビルドプロセスで生じる複雑なタスクを実行することができます。極めて複雑かつ膨大なこのような作業を、手作業で行うのは現実的ではありません。モデル作成時のバージョン管理やトレーサビリティをツールでサポートすると、ISO 26262 の要件を満たすことができます。Daimler 社では、SYNECT の新しい機能を組み合わせて使用することで、プロセスの自動化だけでなく、妥当性確認や検証作業もさらに最適化することを今後の目標としています。ユーザーチームは、経験豊富な dSPACE エンジニアによるサポートを引き続き受ける予定です。

Loïc Brouillard 氏、Patrick Pfeil 氏 (Daimler 社)、
Christian Schmidt 氏 (dSPACE)



上：ワークフロー自動化ステップを簡単に選択。

中央：Workflow Execution Dashboard を使用した状況のモニタリング。

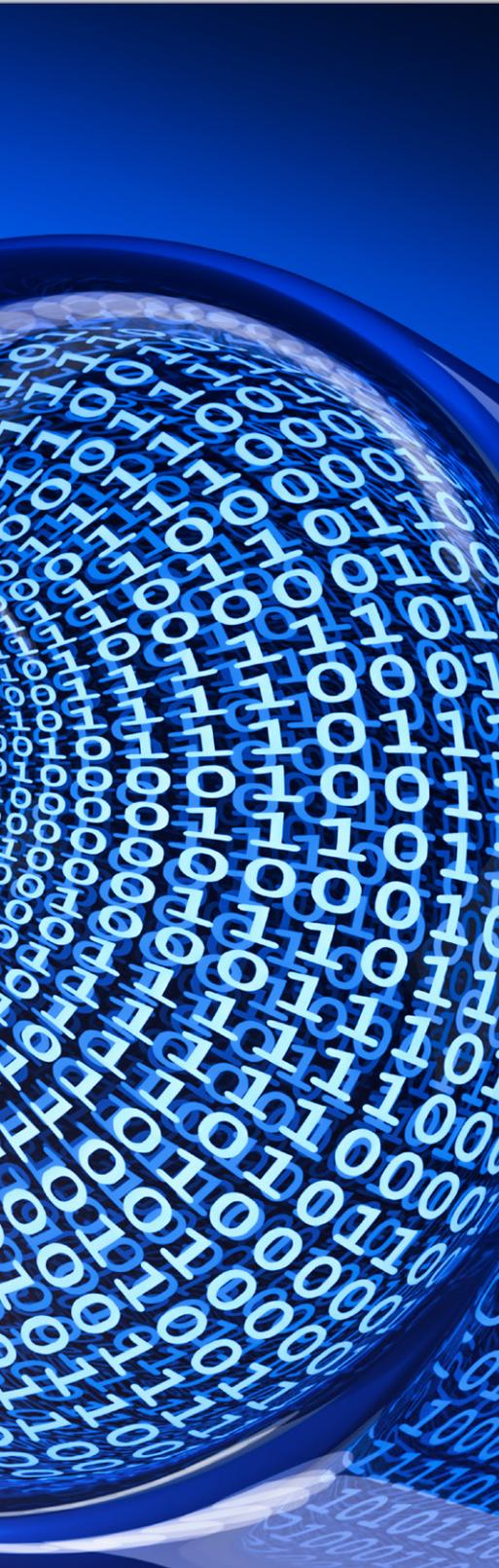
下：リモートジョブを SYNECT で定義することにより、手作業での操作を行わずにビルドクライアントを使用できます。



仮想検証によるテストプロセスでの
障壁の克服

Bottleneck Relief

CNH Industrial 社は、商用車や機械の ECU ソフトウェアをテストするためのプロセスを最適化するという目標を設定しました。この目標は、HIL テストと仮想検証を組み合わせることで実現されました。CNH Industrial 社では、この実現に向けて dSPACE の SCALEXIO および VEOS プラットフォームを活用しました。



CNH Industrial 社にとって、ソフトウェアのテストをより迅速かつ効率的に実行できるようにすることは最重要事項です。農業機械、建設機械、トラック、商用車、バス、および特殊車両の設計、製造、販売という多面的な役割を持つメーカーである同社にとって、並行する多数のプロジェクトの開発ステップの実行タイミングをすべて正確に調整することは極めて重要です。より早期の段階で新しいソフトウェアアップデートのテストを行えるほど、より迅速に新しい機能やシステムを量産ラインに導入することができます。そのため、CNH Industrial 社では、特にテスト環境の効率性を高めることに重点を置いています。同社では、その方法の1つとして、特定のテストを開発の早期の段階にフロントローディングしています。CNH Industrial 社の HIL (Hardware-in-the-Loop) グループでは、SIL (Software-in-the-Loop) テストを用いて仮想検証を行うことにより、電子制御ユニット (ECU) ソフトウェアのテストプロセスの迅速化と効率化を実現しました。

課題：テスト効率

HIL グループは、トラクタ、コンバイン、農具、および建設車両で使用される ECU ソフトウェアのテストや ECU のリリースを担当しており、dSPACE 製の PHS バスベース HIL シミュレータを 5 台、SCALEXIO シミュレータを 4 台使用しています。HIL システム設計エンジニアである Pedro De La Torre 氏によると、最適なテストソリューションを探す際に重視したのは、テストの設計や実行の際に発生する同社の複数の障壁を解消できることでした。De La Torre 氏は、「新しいテストプロジェクトを作成する場合、これまでは HIL シミュレータや物理的なハーネスなどの機器が現場に到着するまで、テストの検証や妥当性確認を行えませんでした」と述べていま

す。特定の ECU をテストする場合、そのためのセットアップを構築するまでに時間がかかり、遅れが生じていました。もう1つの重要な点は、すべてのテストに関係するものでした。De La Torre 氏は、「異なる車両の新しいソフトウェアバージョンが作成され、それをテストしなければならない場合でも、進行中のテストが終了するまで、次のテストには進むことができませんでした」とし、「これらの制限により、プロジェクト管理には絶えず課題が発生していました。そのため、より効率的なプロセスが不可欠だったのです」と述べています。

解決策：仮想検証

HIL グループでは、仮想検証の手法を用いて開発段階でより多くのテストを実行することにより、テストプロセスを迅速化することにしました。同社は、これによりソフトウェアやアプリケーションの開発プロセス全体を最適化する方法を確立し、課題を克服することができました。その結果、ソフトウェアリリースまでの期間が短縮され、リリース頻度も高まりました。HIL グループでは、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 も活用しています。VEOS には、既存の HIL テストも比較的容易に再利用できるという利点があります。逆に、VEOS で作成した新しいテストを HIL シミュレータで再利用することも可能です。De La Torre 氏は、こうした利点について、「VEOS を使用すると、HIL シミュレーション機器が到着する前であっても、新しいテストプロジェクトを開発し、デバッグ、検証することができます。つまり、設計プロセスの早期の段階でソフトウェアのテストを開始できます」と述べています。同氏は、仮想検証を使用すると複数のタスクを並行して実行できるとも述べています。VEOS を使用すると、これまでのようにひとつのソフトウェアリリースだけではなく、同時に複数のリリー >>



制御ユニットソフトウェアの評価向けツールチェーンの図。テストプラットフォームである VEOS と HIL シミュレータを同一のテスト環境で並行して使用できます。

スに対応することができます。たとえば、ある車両のソフトウェアリリース向けのテストを実行しながら、別の車両のソフトウェアリリース向けのテストを更新したり準備したりすることが可能です。De La Torre 氏は、「VEOS による仮想検証は、PC 上で動作するソフトウェアのみで実行できるため、テストを並行して実行できます。そのため、短期間でより多くの成果を挙げることができます」と述べています。さらに、仮想検証は、SIL および HIL シミュレーションにより並行してさまざまなソフトウェア機能をテストすることで、テスト期間の短縮を実現します。この結果、現在のソフトウェアリリースのデバッグと次のリ

リースのテストをすばやく行い、時間を節約することができます。

仮想検証のセットアップ

HIL グループでは、VEOS を効率的に使用できるようになるまでに約 7 ヶ月を要しました。最初の 4 ヶ月間は、VEOS の評価とその性能や機能の習得に使用しました。残りの 3 ヶ月間は、HIL プラントモデルのインターフェースを調整したり、バーチャル ECU を生成するための手順を開発したりすることに使用し、HIL シミュレータおよび VEOS の両方でコントローラやプラントモデルを使用できるようにしました。HIL グループは、dSPACE ControlDesk およ

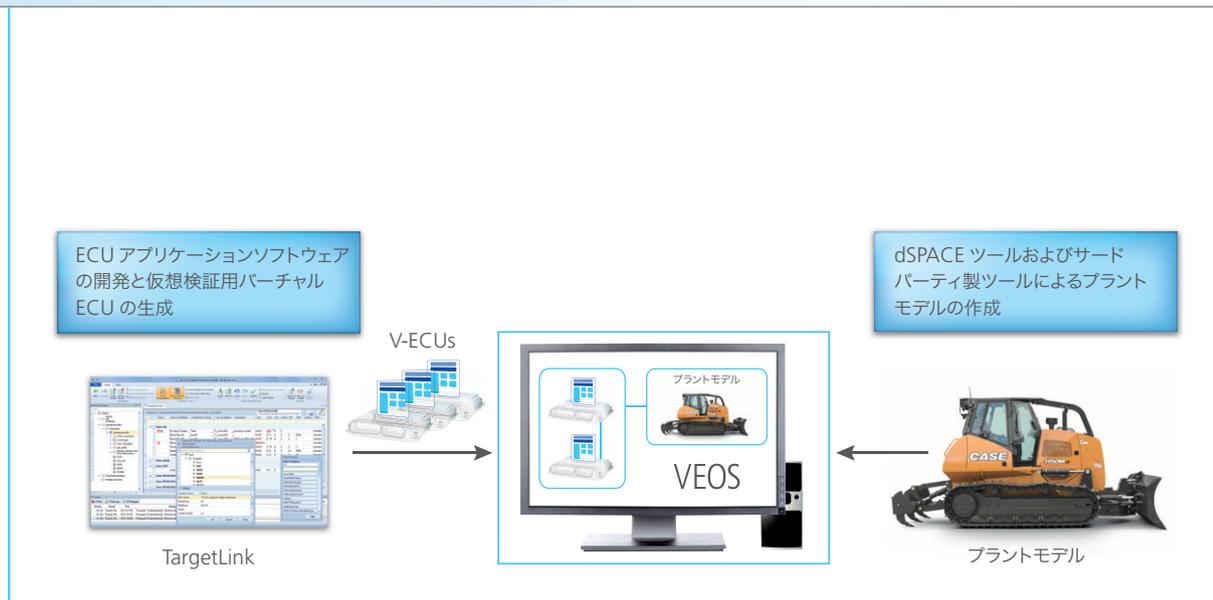
び AutomationDesk を使用することで、テストに細かな変更を加えられるようになり、仮想プラットフォームと HIL プラットフォームの両方で作業を実行できるようになりました。また、細かい変更を追加で修正することにより、HIL テストの重要なワークフローや動作方法を VEOS で再利用することもできました。

バーチャル ECU の作成

バーチャル ECU (V-ECU) の使用は、仮想検証を総合的に行うための重要な前提条件です。V-ECU には、最終的な制御ユニットのすべてのソフトウェアコンポーネントや機能が含まれています。CNH Industrial 社では、V-ECU の作成に量産コード生成ツールである TargetLink を使用しています。De La Torre 氏は、「TargetLink は、当社のソフトウェア開発プロセスで大きな役割を果たしています。VEOS でシミュレーションテストを行う際は、仮想検証で使用する V-ECU を TargetLink で生成します。これにより、VEOS とのシームレスな統合や一貫性の高いビルドプロセスが可能になります。また、HIL グループ側でソフトウェアに適用すべき変更を最小限に抑えることもできます」と述べています。HIL グループでは、ソフトウェアの潜在的な問題を解決するため、ソフトウェア開発グループとも緊密に連携しています。これにより、ECU ソフトウェアに実装される機能もすべて含んだ V-ECU を VEOS 用に生成できるようにしています。さらには、V-ECU と HIL シミュレーションでのテスト結果を比較して、それらの動作が一致するかを確認する作業も共同で行っています。

結果の一覧表示と比較

現在のプロジェクトでは、CASE 社のホイールローダーシリーズをテストしており、そこでは仮想検証が利用されています。HIL グループは、これを通じて、各種プラットフォームでの一般的なアプリケーションシナリオを導き出しました。まず、純粋な機能テストは主に VEOS で実行します。また、時間に依存する機能や物理的および電気的特性に関するテストやストレステストは HIL システムで実行します。最後に、HIL シミュレータを使用してソフトウェア全体のテストを実施し、VEOS でのテスト結果と比較することで、VEOS のテストをさらに拡張および改善できるかどうかを判



量産コード生成ツールである TargetLink は、VEOS での仮想検証用のバーチャル ECU の生成をサポートしています。

断します。これにより、VEOS でのテスト範囲を最大化することができます。De La Torre 氏は、結果を次のようにまとめています。「この方法では、テストにおける主な障壁を軽減できるため、テスト手法に柔軟性が与えられ、テストプロセスの短縮につながります。これにより、HIL での作業時間をより有効活用できるようになります。HIL シミュレーションでしかカバーできないソフトウェア機能が少ないほど、VEOS で並行してテストを実行することができ、良い状態と言えます。最初のプロジェクト

では、VEOS を使用することで、テストの実行時間を通常の HIL 実行時と比べて 22% 短縮することができました。」

まとめ

より早期にエラーを発見するほど、よりコスト効率良く修正を行うことができます。また、より多くのテストを並行して実行するほど、テスト期間はより短縮されます。VEOS を活用することで、テストのフロントローディングや並列化を開発プロセスに取り入れることが可能になります。

「VEOS を使用すると、ソフトウェア開発プロセスの効率性をあらゆる面で向上させることができるため、当社は将来的に ECU ソフトウェアの開発期間を短縮できるでしょう」 ■

CNH Industrial 社のご厚意により寄稿



「VEOS を使用すると、ソフトウェア開発プロセスの効率性をあらゆる面で向上させることができるため、当社は将来的に ECU ソフトウェアの開発期間を短縮できるでしょう。」

Pedro De La Torre 氏、CNH Industrial 社

CNH Industrial 社製農業機械の使用例。



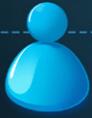
00.0008

Real Virtuality

車両計測に基づいたテストコースと
現実的なトラフィックシナリオの自動作成

これまで運転したことのないコースにおいて、テストドライバーはどのように車両をテストすればよいでしょうか。ZF テクノロジグループでは、開発段階での車両機能のテストの際に、マップデータと車両計測に基づく仮想的なプロセスを採用しています。仮想世界を生成した後は、ASM ツールスイートにより現実に即したシミュレーションが可能です。

005



50



将 来のモビリティ要件を満たした車両を実現するには、予測に基づいた動作と環境とのネットワーク化が必要となります。この場合、運転中にドライバーをサポートする支援機能、およびすべての運転操作を担う自動化機能が求められます。そのため、多数の不確定要素を伴う実際の道路は、ドライバーに関する機能テストを実施するのに最適な場所と言えます。ただし、まったく同じ条件下で2つの路上テストを実施するのはほぼ不可能です。なぜなら、実際にはランダムな影響が生じるためです。ZF社では、各種の車載計測プロセスを仮想シナリオに移行することにより、アクティブパワートレインのテスト時のさまざまな現実的な影響を再現しています。仮想シナリオを使用すると、基準経路から走行プロファイルを生成できます。ただし、たとえば、ある経路上の運転操作を解析対象とする場合には、最初に実際の経路を正しい計測機器で計測することが必要になります。これは、特にその経路がすぐ近辺にない場合、多大な時間とコストがかかる作業となり得ます。そのため、仮想的なプロセスでは、デジタルマップのデータを使用してシナリオを生成することも必要となります。シナリオには、実際の道路に対応する標高情報だけでなく、周辺トラフィック、歩行者や自転車などの他の道路利用者、および障害物、標識、信号機なども含める必要があります。

仮想的なコース

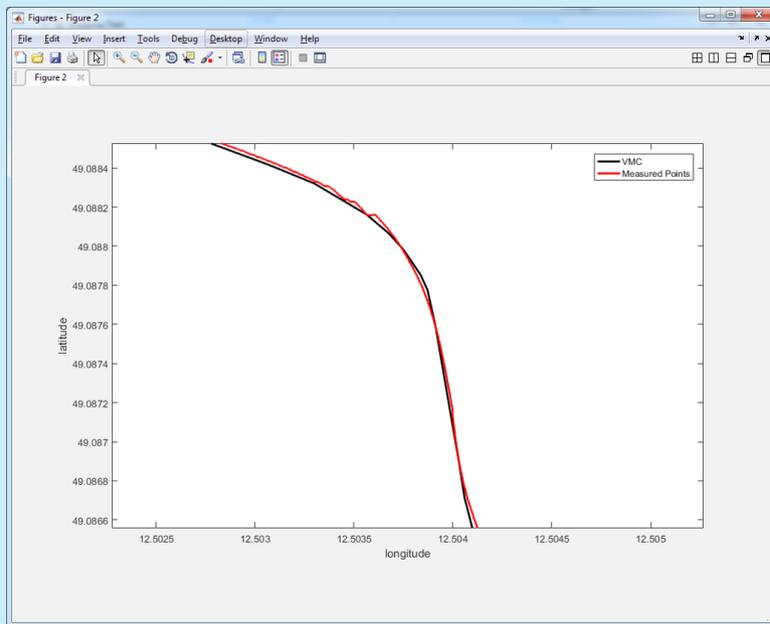
経路は、高精度の車両計測データやスマートフォンに記録されたデータを使用して生成することができます。テストコースは、マップ上に少数のウェイポイントのみを設定したり、単に出発地点と到着地点を入力したりすることで定義できます。最近では、一般的に全地球的航法衛星システム (GNSS) を利用した測位が行われています。多くの場合、GNSSの計測値はノイズ (シェーディング、減衰) を伴うため、地理座標を後で最適化する必要があります。記録された座標は、マップマッチングによって詳細なマップ上のデータと比較されます。これにより、適切な道路をマッ

プから選択できます。ZF社では、フラウンホーファー技術経済数学研究所が開発した Virtual Measurement Campaign (VMC®) の各種ツールを使用しています。VMCでは、マップマッチングを実行して直接経路を定義することができます。dSPACEコンバータを使用してマップデータをインポートすると、データがdSPACEのAutomotive Simulation Model (ASM) ツールスイートの道路セグメントに変換されます。また、OpenStreetMaps (OSM) などからインポートしたデータを使用すると、法定制限速度や信号機の位置などに関するより詳細な情報を経路に自動的に追加できます。さらに、道路の横勾配などの基準データを使用して、車載計測値をさらに最適化することも可能です。異なるタイプのドライバーを使用すれば、異なる走行モードを生成することができます。また、一般道路間の区別だけでなく、中程度の交通密度と高い交通密度の区別も可能です。そのため、走行動作に対する影響を簡単に追加することができます。

さまざまなテストシナリオ

生成したシナリオは、ASMによるピークルダイナミクスシミュレーションの基盤となります。仮想テストドライブのシナリオは、仮想環境やその他の道路利用者の走行結果からの変数から作成されます。力の影響と変数は平滑化されますが、個々の効果を独立的に詳しく確認することが可能です。仮想道路や仮想道路ネットワークは、ASM用のパラメータ設定ソフトウェアであるModelDeskで利用でき、プレビューも可能です。ModelDeskには、テスト対象車の定義や、周辺トラフィックの運転操作の定義も可能なシナリオエディタが用意されています。基準経路を走行する場合は、経路に対して基準速度を定義すれば十分です。これは、ModelDeskで直接実行することができます。また、周辺トラフィックも考慮する必要がある場合は、テスト対象車 (自車) の出発地点と到着地点のほかに、自車の周辺に決められた操作を実行する周辺車両の軌跡も定義する必要があります。

>>



左：テストコースの正確な座標（青）は、マップマッチングによって計測されるノイズの多い値（オレンジ）から特定されます。
中央：OpenStreetMapに表示される比較用の経路（OpenStreetMap（openstreetmap.de）の情報が含まれています。OpenStreetMapは、
Open Database License (ODbL) の次のウェブサイトで入手可能です：opendatacommons.org/licenses/odbl/）。

「当社では、ASM ツールスイートを活用することにより、極めて正確な試験ベース
およびシミュレーションベースの解析 / 評価手法を実現しており、トランスミッ
ションのシフト操作や効率性を検証しています。」

Oliver Maschmann 氏、ZF 社

テストベンチの使用

以前、「Virtual Torque」（dSPACE Magazine 1/2018、36 ページ）という記事では、ModelDesk を使用して ZF 社の内製モデルを車両全体のシミュレーションに統合する方法について説明しました。極めて正確なパワートレインモデルおよび汎用性の高い環境シナリオをピークルダイナミクスシミュレーションに組み合わせると、現実的な分析と評価が可能になり、エンジニアはテストドライブ中に発生した影響を調査できるようになります。また、テストベ

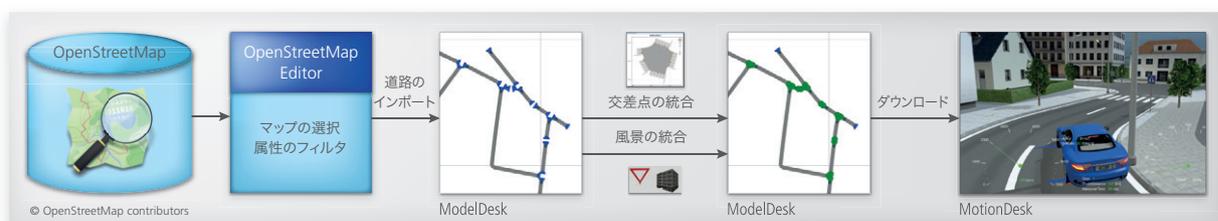
ンチでより複雑な計測データを用いてテストを実施できるため、より有意義かつ信頼性の高い結果を挙げることができます。つまり、開発プロセスにおいてはできる限り早期の段階で仮想運転シナリオを使用するのが合理的と言えます。

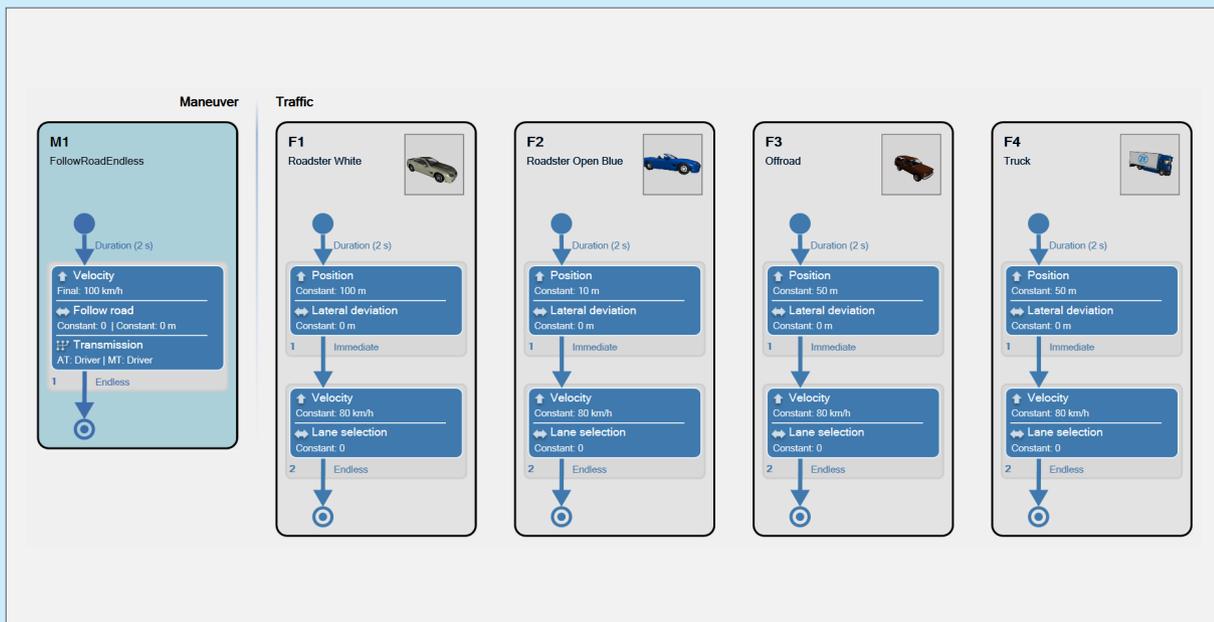
現状評価と今後の課題

このプロセスおよびツールチェーンには、スマートフォンの追跡アプリまたは高精度 GNSS データロガーのいずれかによって記録された GNSS 座標を処理するのに十

分な柔軟性があります。特に、追跡アプリは、フィールドテストで報告された問題をすばやく解析し検証できる効率的な手段です。つまり、より迅速かつ安価な方法で、潜在的なエラーを解析および修正できるようになります。これらの解析は、PC ベースのシミュレーションプラットフォームである VEOS で実施することもできます。テストの実行やデータの評価には、ControlDesk や AutomationDesk などの他の dSPACE ツールを使用します。効果の分析とアルゴリズムの最適化に関

OpenStreetMap データから道路を生成する場合のワークフロー。





シナリオエディタを使用して、テスト対象車や、必要に応じて周辺トラフィックの軌道を定義することができます。

「ASM では、車両の計測値だけでなく、総合的に生成された周辺トラフィックを使用することもできるため、パワートレインの総合的かつ現実的なシミュレーションを容易に行うことができます。」

Oliver Maschmann 氏、ZF 社

しては、仮想テストと解析ツールを使用した PC ベースのシミュレーションが最適な手段となります。これには極めて正確なデータとモデルが必要ですが、いずれもマップマッチングと ASM ツールセットを使用すれば実現できます。実際の走行テストと比べた場合、仮想テストには再現性が高く、高速に実行でき、費用対効果に優れているという決定的な利点があります。また、解析に他の変数を含めることも極めて容易です。路上テストでは、追加の計測機器を使用しない限り、これは不可能です。さらに、シミュレーション結果に基づいて、メカトロニクステストベンチの負荷テストを行うこともできます。ZF 社では、これらのテストベンチが既に稼働しています。新しい世代のテストベンチは現在準備中です。これにより、上述のツールチェーンの可能性を十分に引き出すことができます。また、シミュレーションプラットフォームである VEOS を dSPACE SCALEXIO システムに置き換えれば、データ、モデル、およびツールをテストベンチ

で容易に再利用することができます。ツールチェーンの妥当性確認は、ZF 社と dSPACE が合同で進めています。これにより、カーブで視界が遮られる道路でのドライバーの挙動の分析など、さらなる発展に向けた新たな可能性が広がります。 ■

Oliver Maschmann 氏、ZF 社

Oliver Maschmann 氏
高度に動的なテストベンチの担当者、
ZF 社、フリードリヒスハーフェン (ドイツ)





さまざまな農業機械のテスト要件を
満たすことができる極めて柔軟性の
高いHILシミュレータ

Testing On Demand

現在の農業機械は、主にエレクトロニクスとソフトウェアによって技術革新を実現してきましたが、その実現を担うソフトウェア開発者らは近年、テストすべき機能範囲の拡大とその量の増大という大きな課題に直面しています。日本の農業機械メーカーであるヤンマー社は、こうした課題に対し、SCALEXIOなどのdSPACE製品を用いた包括的なHILシミュレータを導入しました。



出典：© ヤンマー株式会社



出典：© ヤンマー株式会社



出典：© ヤンマー株式会社

人口の増加により、食糧に対する需要は増大していますが、耕作地は限られており、農業人口も減少の一途をたどっていることから、今日の農業従事者にとって、農地や農作業における生産性の向上は喫緊の課題となっています。日本の農業機械メーカーであるヤンマー社は、トラクター、コンバイン、田植機などの製品を提供することで、農業従事者の課題解決に貢献しています。農業従事者は、高効率かつ機能的な同社の農業機械を使用することで、労働時間の短縮と収穫量の最大化を実現し、生産性を向上させています。

高性能で使いやすいコンバイン

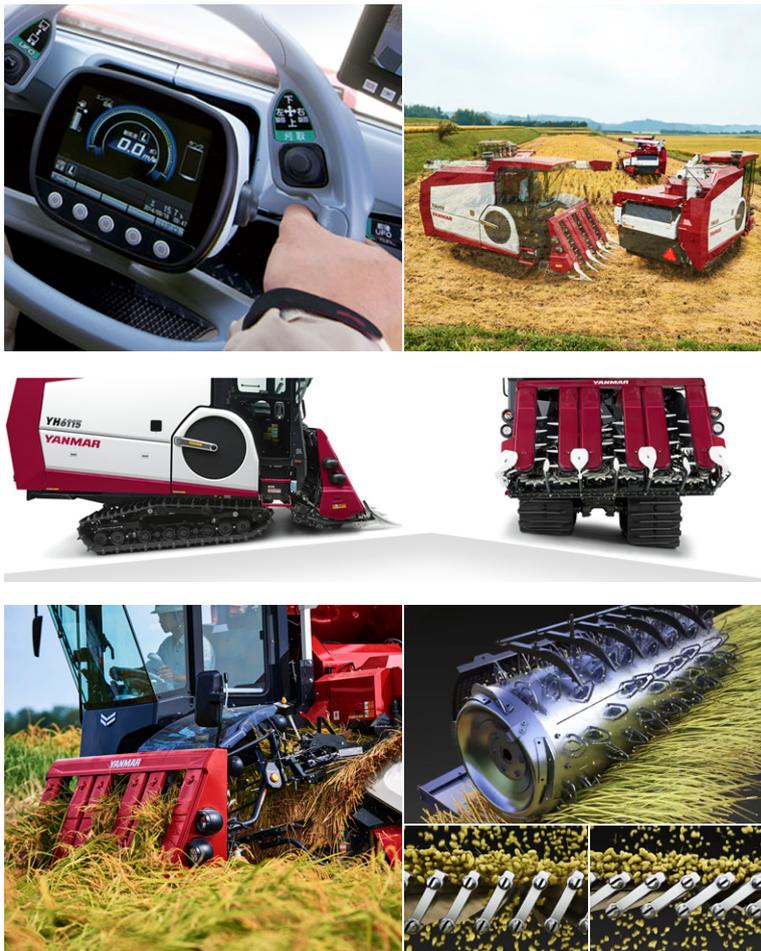
自脱型コンバインは、刈り取り、脱穀、穀粒選別などの機能を複合的に兼ね備えた、稲作用に最適化された収穫用農業機械であり、高速かつロスの少ない収穫が可能です。その機能の複雑さにもかかわらず、ヤンマー社のコンバインは、操作者をサポートする機能を多数備えているおかげで使いやすく、ストレスなく操作することができます（図 1）。その機能の 1 つがステアパイワイヤシステムであり、一般の乗用車に近い操作感覚をドライバーに提供します。操作者がステアリングを切る角度に応じて、車両左右のクローラの回転方向と回転速度を制御することにより、緩旋回から急旋回に至るまで、スムーズな旋回動作を行うことができ、車体をあぜ道にぴったりと沿わせる走行も容易となります。もう 1 つの例は、自動シャシです。これにより、柔らかな水田の上で車体が傾いても、車体を水平に保ち、刈り取りや穀粒選別の際の性能を最大限発揮することができます。また、同社の最新機種

のコンバインには、穀粒選別の自動調整機能が搭載されました。チャフシーブはコンバイン内部の装置で、収穫した穀物とわら屑とを選別する働きをしますが、この選別で生じる穀粒の損失（収穫ロス）は、チャフシーブの開き幅と刈り取り速度（車速）によって変化します。同社のコンバインはチャフシーブ端部のセンサで収穫ロス量を検出し、チャフシーブの開き幅と車速を自動的に調整することで、この収穫ロスを最小化します。この自動調整で収穫ロス量が減少していることは、操作者はモニターから知ることができます。

ソフトウェア開発者にとっての課題

これらの画期的な機能の開発には、エレクトロニクスとソフトウェアが大きく寄与しており、農業機械の技術革新において、ヤンマー社のソフトウェア開発者は重要な役割を果たしています。包括的なテストと妥当性確認において、彼らが作業すべき範囲は拡大し、その作業量も増大してゆく中、彼らは複数の課題を一度に克服する必要がありました。まず、一部の車種は実車によるテストを限られた期間でしか行えないため、実車テストの前に重大なエラーは排除しておかなければなりません。たとえば、コンバインで稲刈りのテスト中に何らかの欠陥が見つかってしまうと、ソフトウェアの修正作業によって、その収穫期に再度テストを行う機会が失われてしまうというリスクが生じます。また、水田の土壌状態や稲の品種の違いなど、複雑な作業条件下でのテストも必要です。もし、実車を使用した実際のテストでそのような作業条件を再現しようとするれば、多大な時間とコストがかかります。

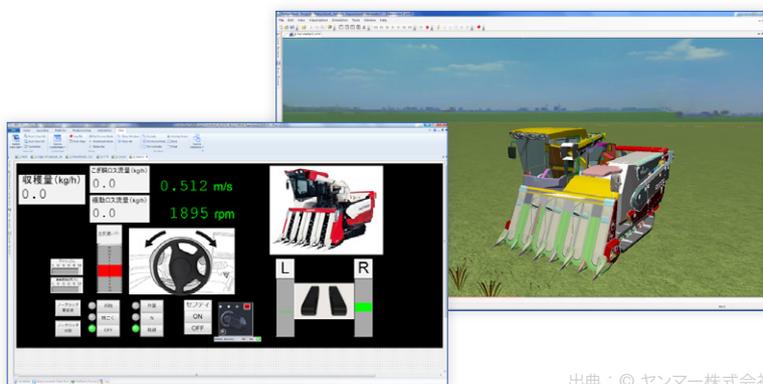
>>



出典：© ヤンマー株式会社

図1：ヤンマー社のコンバインは、ストレスの少ないスムーズな運転操作を実現するステアパイワイヤシステム（上）や、車体を水平に保つ自動シャシ（中）など、農業従事者に有益な機能を多数備えています。最新機種の穀粒選別自動調整機能では、こぎ胴で脱穀された穀粒が、自動調整されたチャフシープによって選別され、収穫ロスを最小化します（下）。

図2：ヤンマー社では、ControlDesk（左下）を使用して、HIL シミュレーション向けの直感的なユーザーインターフェースを作成しています。MotionDesk（右上）では、ユーザの操作による車両の動きがリアルなビジュアルで表示されます。



出典：© ヤンマー株式会社

HIL シミュレータの迅速な導入

ヤンマー社では、これらの要求を満たすために、dSPACE SCALEXIO を使用した HIL (Hardware-in-the-Loop) システムを導入しました。HIL シミュレータは、現実に近い作業条件下での幅広い車両操作をシミュレートすることで、実車がない場合でも電子制御ユニット (ECU) のあらゆる機能をテストすることができます。同社はこの HIL システムの導入を次の 2 つのステップで行いました。まず、2015 年にトラクターのシミュレーション環境を導入しました。このステップでは、中央のプロセッサ/電源ラック 1 台に、エンジン制御、車両制御、および表示計器用の 3 台の I/O ラックを接続する構成でした。2016 年には、次のステップとして、コンバインの評価を行うために更に 2 台の I/O ラックを追加しました。I/O ラックに I/O ボードをただ追加するだけで、コンバインに搭載される ECU、通信バス、および電気負荷の物理的側面の要求を、最終的には全てカバーすることができました。

高度なソフトウェアツール

ヤンマー社は、農業機械の車体と作業環境のシミュレーションには同社が独自に所有するモデルを使用しましたが、ディーゼルエンジンと排気ガスの後処理のシミュレーションには dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) のライブラリを使用しました。dSPACE のライブラリは、パラメータの調整により、同社の型式のディーゼルエンジンの挙動を完全に再現することができました。これらシミュレーションモデルは、複数のプロセッサコアに分散させることで、シミュレーションにかかる計算時間も最適化されています。HIL シミュレーションの監視および制御には、dSPACE の ControlDesk および MotionDesk を使用しました。ControlDesk により、同社のテストエンジニア向けにカスタマイズされた計器類と直感的なユーザーインターフェースを提供し、また、MotionDesk によって、農業機械のあらゆる動きをリアルな 3 次元のビジュアルで表示することもできました（図 2）。また、dSPACE AutomationDesk を使用することで、テストの自動化による更なる労力の軽減が可能です。ヤンマー社では、dSPACE のサポートを受けて、テスト自動化のためのフレームワークを構築しました。これにより、テストで与える入力値や、その結果として期待される出力値など、自動テストの

これらパラメータを更新するだけで、新しいテストケースをすばやく実装できるようになりました。

極めて柔軟なマルチ車両およびマルチドメインシステム

その一方で、ヤンマー社はこのモジュール化された SCALEXIO HIL システムをさらに柔軟に運用しています。同社は、エンジンや車両コンポーネントなどの特定の用途別に仕立てた I/O ラックを使用するのではなく、それぞれが全く同じ構成のハードウェア入出力で標準化された「マスター I/O ラック」を使用しています。このマスター I/O ラックをさまざまに組み合わせることで、同社の農業機械製品群の全てをカバーすることができます。テスト対象となる農業機械は、新製品の発売プランに応じてその時々で変わりますが、利用できるマスター I/O ラックの数が十分であれば、それらを使用して、直近のテストに必要な HIL システムを的確にセットアップすることができます (図 3)。

主な利用効果と今後の展望

dSPACE SCALEXIO のもつ優れた柔軟性と拡張性によって、ヤンマー社は非常に短期間のうちに HIL シミュレータを構築することができました。同社が最初の試運転にこぎつけたのは 2015 年末で、発注からわずか 6 カ月後のことです。HIL シミュレーションの導入と自動テストの実現によって、実機がない場合でもソフトウェアの隠れた欠陥を発見できるようになり、テストの作業負荷も軽減されました。これにより、開発者は発見した欠陥の解析に一層集中できるようになりました。同社は、トラクターとコンバインでの成功を皮切りに、その他の農業機械の開発においても HIL システムを幅広く展開しています。マ



標準化されたプロセッサ/電源ラックおよびマスター I/O ラックのセット

出典：© ヤンマー株式会社

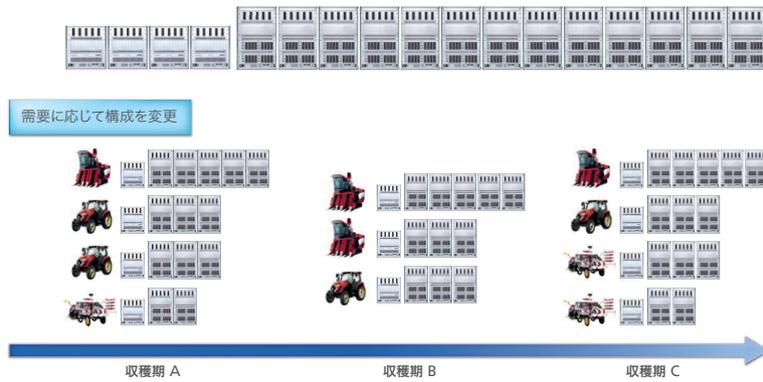


図 3：ヤンマー社では当初、HIL シミュレーションに用途別の I/O ラックを使用していましたが、現在は同一のマスター I/O ラックのみを使用しています。農業機械のそれぞれの機能セットには、一定数のマスター I/O ラックが必要です。

スター I/O ラックがもつ更なる柔軟性は、同社の開発者が HIL システムを自分自身の手で構築することを可能にし、自動走行が可能なトラクターなど、より革新的な制御機能のテストにも活用されています。このように、効率性の高いシミュレーションソリューションにより、農業機械が現代的な乗用車と同等に開発できる環境がまた 1 つ実現しました。 ■

ヤンマー株式会社のご厚意により寄稿



「柔軟かつ極めて高い拡張性をもつ dSPACE SCALEXIO と各種の高度なソフトウェアツールによって、我々は非常に短期間のうちに HIL シミュレーションの大きな恩恵を受けることができました。」

高川 功氏、ヤンマー株式会社 (大阪府) 電子制御開発部 開発企画部 ソフトウェアグループ グループリーダー (当時)、博士 (工学)



Efficient Platooning

自動運転車両のエネルギー効率を
向上させる協調的かつ予測型の制御方式

教育機関や産業界の研究者達は、電動車両のエネルギー効率向上を目指すプロジェクトに協力して取り組んでおり、これにより、エネルギー消費の削減と走行距離の延長が可能になっています。このようなプロジェクトでは、革新的な接続性と最適化された自動化機能の実現が、成功の鍵となります。ミシガン工科大学では、V2X、隊列走行、エコルーティングなどのテクノロジーについて現在徹底的に開発およびテストを行っています。この研究では、MicroAutoBox と ControlDesk が重要な役割を果たしています。



シガン工科大学の Advanced Power Systems Lab (APS Labs) の学生および教員らは、ゼネラルモーターズ社 (GM) と共に NEXTCAR プロジェクトに積極的に参加しており、無人運転テクノロジーを利用した車両のエネルギー効率の向上に取り組んでいます。NEXTCARとは、Next-Generation Energy Technologies for Connected and Autonomous On-Road Vehicles (コネクテッドおよび自律型路上走行車向け次世代エネルギー技術) を表す用語であり、この計画には米国エネルギー省のエネルギー高等研究計画局 (ARPA-E) が資金を提供しています。ARPA-E では現在、各実車のエネルギー消費を 20% 削減することを目標とした革新的な NEXTCAR プロジェクトを 10 件サポートしています。2017 年に、ARPA-E のプロジェクト担当者は、ミシガン工科大学を選抜し、Connected and Automated Control for Vehicle Dynamics and Powertrain Operation on a Light-Duty Multi-Mode Hybrid Electric Vehicle (軽量マルチモードハイブリッド電気自動車の接続および自動化されたピークルダイナミクスおよびパワートレイン動作制御) として知られる 3 年プロジェクトを開始しました。同大学はこれまで、GM と協力して、一連の電動コネクテッド車両をインテリジェントに操作しながらエネルギー消費全体を削減可能にすることをコンセプトに開発してきました。同大学の研究者達は、この目標の達成に向けて、最新のオンボードセンサを利用し、さらには V2V (vehicle-to-vehicle)、V2I (vehicle-to-infrastructure)、V2X (vehicle-to-everything) などの車両接続テクノロジーも活用しています。

組織化された車両フリートの開発

ミシガン工科大学の運営担当マネージャである Chris Morgan 氏は、「本プロジェクトの目的は、自動運転車両、V2I、V2V、センサなどの将来の技術を使用して、最新車両のエネルギー消費を向上させることです。」と述べています。Morgan 氏はそれをさらに一歩進めて「自動運転車両を効率的に走行させ、訓練を受けたドライバーよりもさらに効率的な操作を実現することが私達のプロジェクトの焦点です。」としています。プロジェクトチームは、どうすれば自動化された車両をより効率的に走行させ、エネルギー消費および排気ガスを削減できるかを実証するため、8 台の Chevrolet Volt に自動推進機能向けのセンサと制御装置、および車両間通信をサポートする高度な接続機能を実装しました。さらに、コントロールセンター、および V2C (Vehicle-to-Cloud) 通信ハブとして機能し、車両と一緒に移動できる携帯型ラボも設置しました。

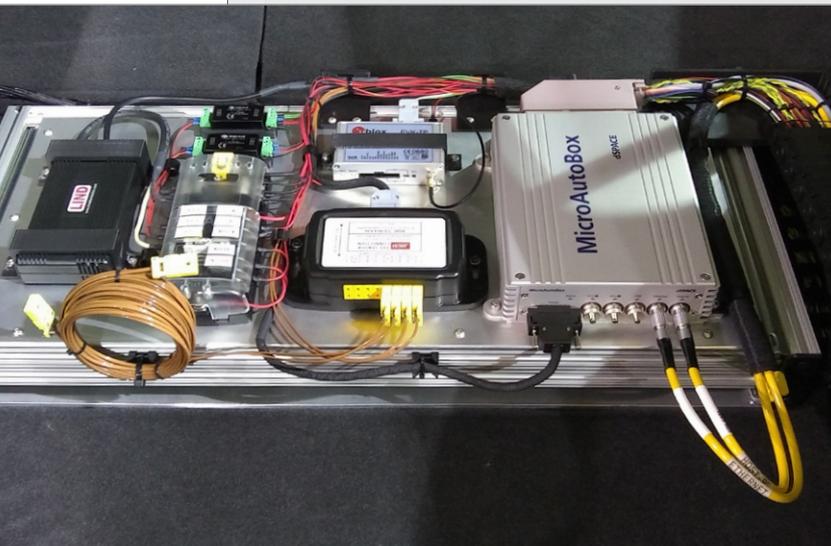
省エネルギーコンセプト

車両および携帯型ラボには、プロジェクトチームが多くの研究タスクを実行するうえで有用な次のようなソリューションや特別な装置が装備されています。

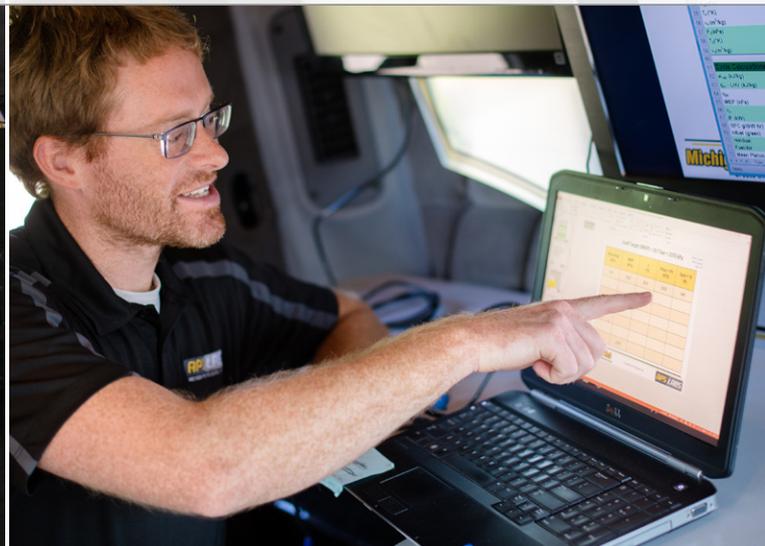
- 最もエネルギー効率に優れた経路を発見するためのエコルーティングアルゴリズム
- 信号機での速度や軌道計画を向上させるための EAD (Eco-Approach and Departure: エコアプローチおよび発進)
- 速度調和機能および協調型アダプティブクルーズコントロールを実装した複数の車両による隊列走行 (協調的コンボイ型運転) >>



データを収集し、エネルギー消費を最小限に抑える方法の開発のため、Chevrolet Volt の車両フリートと携帯型ラボが



追加の電子モジュールを搭載した dSPACE MicroAutoBox を Chevrolet Volt のトランクに取り付けています。



ミシガン工科大学 Mobile Lab のプロジェクト車両からのデータ収集結果を紹介する Christopher Morgan 氏。

車両フリートに使用されるセンサ

LiDAR – 車両およびオブジェクト間の距離を計測

レーダー – アダプティブスピードコントロールおよび衝突警告システムを管理

ビデオカメラ – 走行およびトラフィックの挙動を記録

GNSS (全地球的航法衛星システム) – 車両の位置データを提供

V2X – 協調運転を実現

風速計 – 風速および空力抵抗を計測

- エネルギー消費の削減をするためのパワートレインエネルギー管理
- 最適なパフォーマンスを実現するためのモデル予測型の制御アルゴリズム

隊列走行は、このプロジェクトの重要なテーマの 1 つです。研究チームでは、特定のデータセットを分析して、隊列走行が空力抵抗、エネルギー消費、および車両の排気ガスに与える影響を特定する予定です。Morgan 氏は、「隊列走行の主な目的は、車両間で空力負荷を共有することにより、個別の走行サイクルにおける燃費を削減することです。」と述べています。プロジェクトチームは、さまざまな省エネ

ギーコンセプトをテストおよび評価するため、車両フリート用に独自の推進制御アーキテクチャを開発しました。車両推進システムは、完全電動 (EV) およびハイブリッド電動 (HEV) など、複数の異なる運転モードを備えています。車両フリートはさまざまな地域で運転しモニタリングすることができます。そのため、同チームはあらゆる種類の多様なシナリオからデータや情報を収集することができました。同チームは、交通状況や周囲温度などの要因もモニタリングする予定です。Morgan 氏は、「私達はさまざまなテストを多数実施することにより、ドライバーおよび推進システムの挙動を改善し、燃費の劇的な向上に

つなげるというコンセプトを検証および確認しています。」と述べています。

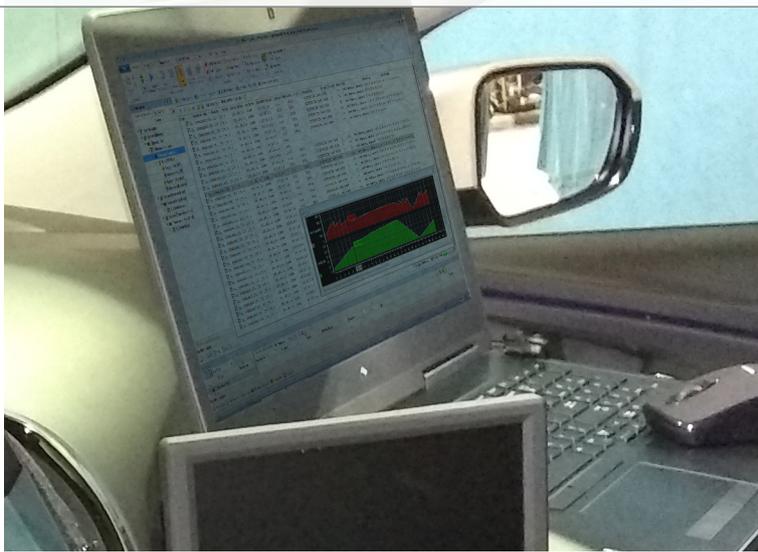
先進的なプロトタイピングおよび解析プラットフォーム

各車両には、車両データを収集し、制御方式を管理し、車両の通信をサポートするためのテストプラットフォームが搭載されています。データの収集と解析は、dSPACE MicroAutoBox を含む一連の電子機器によって行われます。研究チームは、予測型制御アルゴリズムをモデル化するため、dSPACE の試験ソフトウェアである ControlDesk を利用しています。Morgan 氏は、「MicroAutoBox は、私たちが開発した協調型コネクテッド車両向け通信アプリケーションにおいて、非常に役立っています。」とし、「この小型かつ強力なソリューションにより、車両に予測アルゴリズムを実装し、安定した通信を確立することができました。」と述べています。テストプラットフォームの設置は、ミシガン州に本社を置き、モビリティ関連のサービスや製品を専門とするテクノロジー企業である Pilot Systems 社が行いました。Pilot Systems 社は、ミシガン工科大学と GM のために、車両フリートへの MicroAutoBox、LiDAR センサ、および



「MicroAutoBox は、私たちが開発した協調型コネクテッド車両向け通信アプリケーションにおいて、非常に役立っています。この小型かつ強力なソリューションにより、車両に予測アルゴリズムを実装し、安定した通信を確立することができました。」

Christopher Morgan 氏、運営担当マネージャー、ミシガン工科大学



結果の解析や適合は、テストドライブの際に車内ですばやく実施できます。



クラウドコンピューティングセンターのモデル予測型制御についての会議の打ち合わせを行う Christopher Morgan 氏と Bo Chen 博士。

関連する電子機器の設置と適合を行っただけでなく、プログラム要件の特定など、多数のサービスを提供しました。

自動運転をさらに効率化

予備テストでは、協調型および予測型の運転コンセプトを使用することで、エネルギー消費を実に 20% も削減しながら、電気自動車の走行距離を 6% 向上させることができるという結果が示されました。

NEXTCAR プロジェクトは、2020 年の春に完了する予定です。このプロジェクトで得られたデータ、および開発された最適化や制御の手法は、今後の量産車向けアルゴリズムのベースとして、GM が使用します。 ■

ミシガン工科大学およびゼネラルモーターズ社のご厚意により寄稿



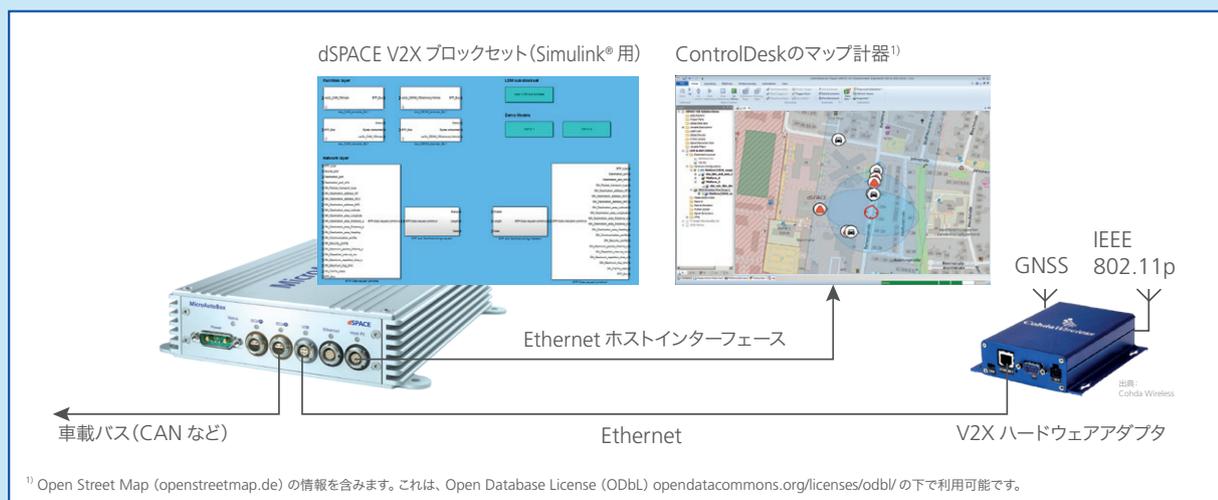
本プロジェクトの詳細については、次の動画をご覧ください。 www.dspace.jp/go/dMag_20191_MTU

dSPACE V2X ソリューション

dSPACE の V2X ソリューションを使用すると、Simulink® から V2X 通信へ容易にアクセスし、V2X 固有のデータを ControlDesk でグラフィカルに分析

できるようになります。固有の通信プロトコルやソフトウェア層を実装する必要がないため、ユーザは V2X アプリケーションの開発やテストに完全に集中で

できるようになります。詳細については、www.dspace.jp/go/dMag_20191_V2X を参照してください。



¹⁾ Open Street Map (openstreetmap.de) の情報を含みます。これは、Open Database License (ODbL) opendatacommons.org/licenses/odbl/ の下で利用可能です。

ECU機能のテストを開発プロセスのできる限り早期の段階にフロントローディングし、迅速にテストを完了するには、新しいテスト方式が必要です。Volkswagen (VW) 社では、そのため、既存のHIL (Hardware-in-the-Loop) テストに加えて、SIL (Software-in-the-Loop) テストを使用しています。この場合、実 ECU の代わりにバーチャル ECU (V-ECU) を使用して、現実的なテストを早期の段階で行う必要があります。同社において、既存の開発成果物に基づいて V-ECU を作成しシミュレーションを行うためには、効率的なだけでなく、内燃エンジンのエンジン制御ユニットから電気自動車の高電圧充電管理に至るまで、さまざまな分野の ECU や車両タイプに適合できる極めて高度な汎用性を持ったアプローチが不可欠でした。

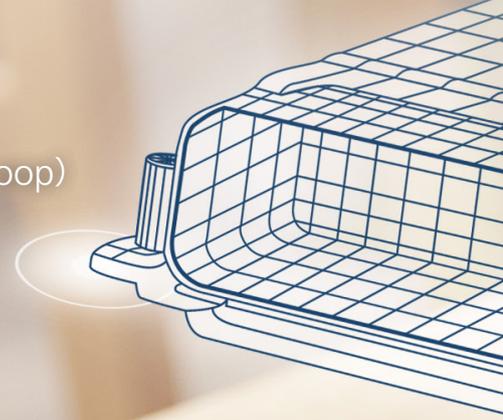
さまざまなソース形式の融合

V-ECU のベースとなるのは、ECU 機能コードとソフトウェアアーキテクチャ用の XML 記述ファイルという、最終 ECU と同じ開発データです。一般的に、この情報は複数の開発部門に展開されています。そのため、VW 社において最初の課題となったのは、必要なすべてのファイルを特定することでした。また、V-ECU の基盤として非 AUTOSAR ベースのコードを使用することも課題となりました。なぜなら、同社では、ECU の各種ソフトウェアコンポーネントが AUTOSAR 規格に従って部分的に開発されていただけであったからです。

V-ECU の生成

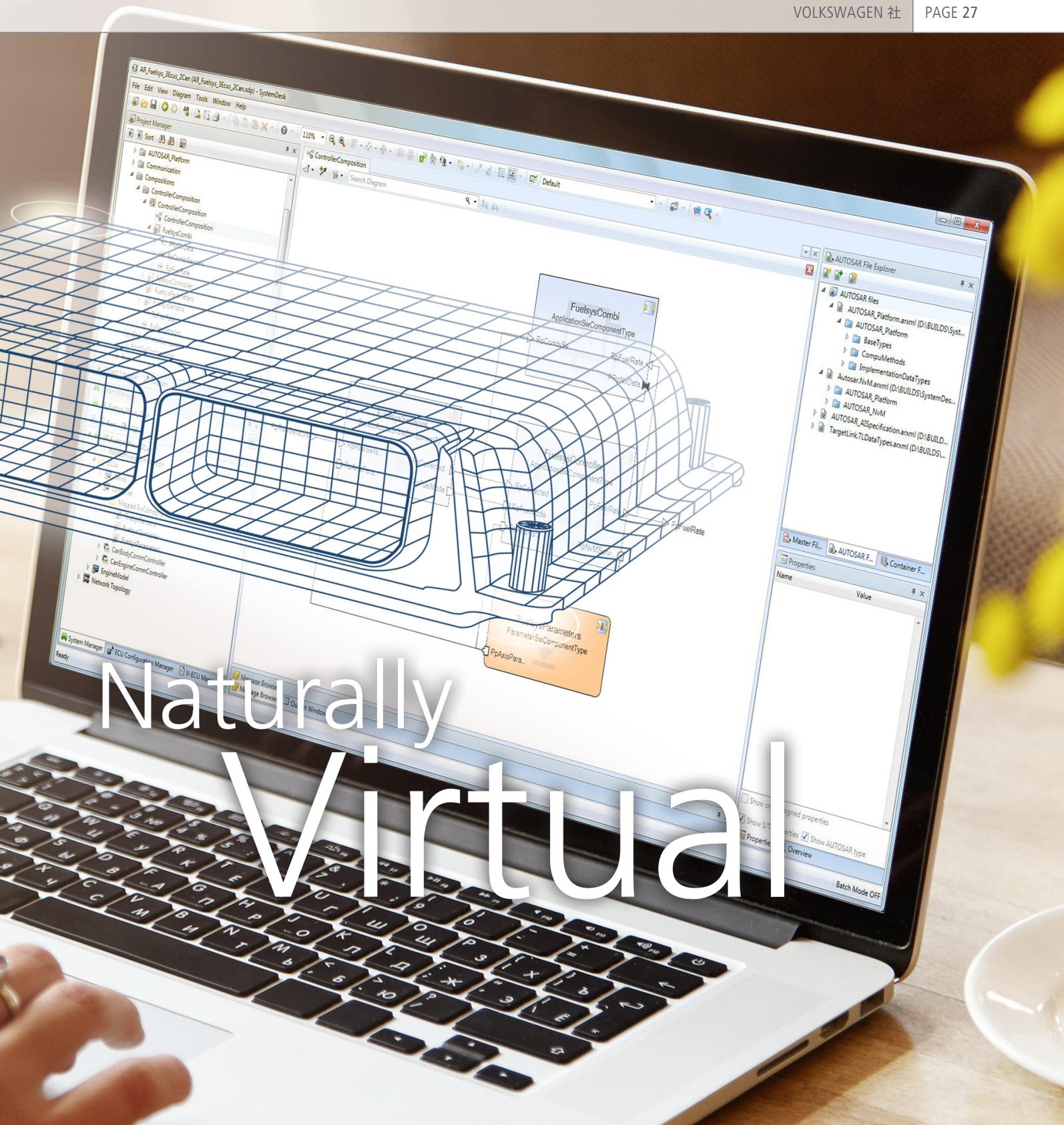
VW 社では、V-ECU の効率的な作成に際し、アーキテクチャツールである dSPACE SystemDesk を使用しました。SystemDesk では、ECU デスクリプションファイルをインポートし、そのファイルを使用して AUTOSAR 準拠のアーキテクチャを構築してから、そのアーキテクチャを既存の機能コード用に準備することができます。ここでは、まず機能ごとにインポートしたデスクリプションファイルからソフトウェアコンポーネント (SWC) を生成します。この機能に関連するコード (C コードまたはオブジェクトコード) は、SWC の実装基盤となります。非 AUTOSAR ベースのコードを使用するには、これらの機能を AUTOSAR エレメン

SIL (Software-in-the-Loop)
を活用した V-ECU の
効率的な妥当性確認



トにバックします。たとえば、SWC での関数呼び出しとそのタイミングを内部挙動によって定義します。これにより、実装、ひいてはコードへの参照をカプセル化することができます。その後、デスクリプションファイルに従って SWC を ECU ソフトウェア

アーキテクチャに接続します。最後に、ランタイム環境 (RTE) を作成し、これを SystemDesk テンプレートを通じてベシックソフトウェアに統合します。これにより、SystemDesk から最終的に V-ECU を生成することができます (図 1)。 >>



Naturally Virtual

新機能を利用できるようになったら直ちにテストするという方法は優れた柔軟性とテストのフロントローディングが可能な環境が求められます。そのため、Volkswagen 社では自動生成した V-ECU を活用しています。開発者はソフトウェアを生成してシミュレートする際に、dSPACE ツールである SystemDesk および VEOS を使用しています。

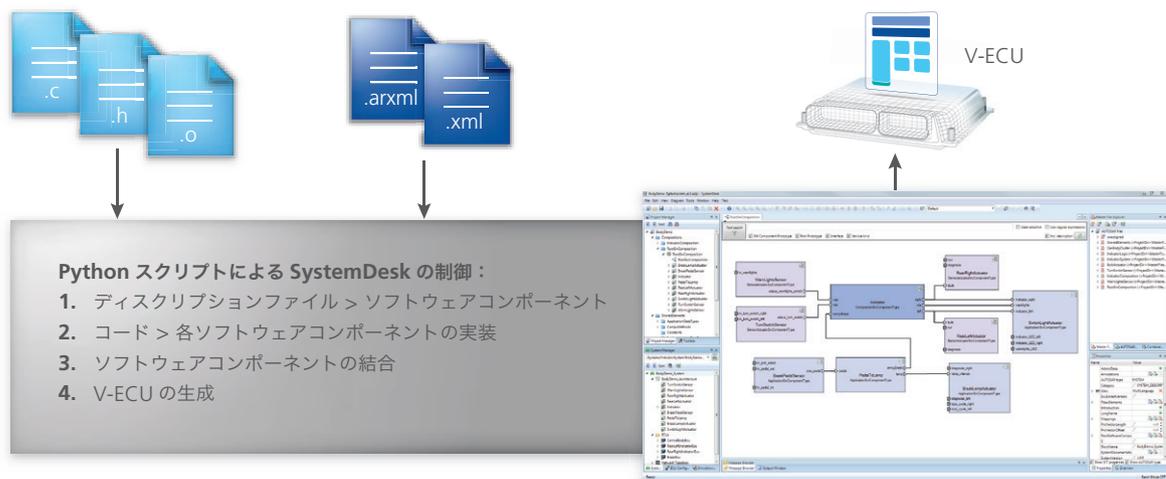


図 1：V-ECU を作成する場合、既存のコードを AUTOSAR ソフトウェアコンポーネントに統合して、非 AUTOSAR ベースのコードから AUTOSAR 準拠の ECU を生成します。

「SystemDesk の強力な機能と極めて詳細なドキュメントにより、V-ECU の自動生成がもっと簡単に行えるようになりました。」

Kirsten Pankratz 氏, Volkswagen AG

スクリプトにより生成作業を自動化

V-ECU を自動的に作成する場合、手作業だけでなく、その他の効率的なオプションもあります。たとえば、Python スクリプトを使用してディスクリプションファイルを解析し、SystemDesk のアプリケーションプログラミングインターフェース (API) により作業ステップを実行します。自動化の準

備に必要なのは、目的の V-ECU のソフトウェアコンポーネントの名前とコンフィギュレーションファイルのファイル保存パスのみです。このデータをディスクリプションファイルやコードファイルと同時に入手できる場合、スクリプトを使用してわずか 10 分程度で V-ECU を作成することが可能です。

られた知識に基づいて、Python スクリプトを作成しました。また、SystemDesk の詳細なドキュメントを利用できたため、実装をスムーズに進めることができました。

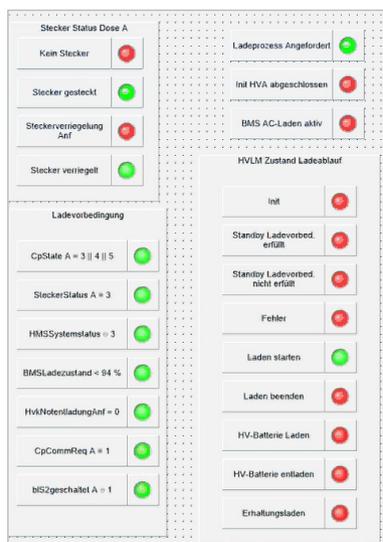
V-ECU と実 ECU との比較

VW 社では、生成した V-ECU の機能と品質を評価する際に、ハードウェアとして標準的な PC があれば十分に機能する dSPACE のシミュレーションプラットフォームである VEOS を使用しました。テスト用のシステムを構成する際には、VEOS を使用して V-ECU を Functional Mock-up Unit (FMU) に接続しました。スティミュラスデータとしては、車両の計測値から得た実際のデータを使用しました。そして、データを Simulink にロードし、FMU 経由で統合して、VEOS を通じ V-ECU にスティミュラス信号を送信しました。V-ECU の出力値は、dSPACE ControlDesk を使用して計測しました。次に、V-ECU と実 ECU の両方の入力変数および出力変数をグラフ化して比較しました (図 3)。テスト結果はほぼ完全に一致しました。これは、V-ECU の品質の高さを示しており、既存のテストを完全に補完できるという意味です。V-ECU のも

最初のプロジェクト経験：エンジン制御

VW 社ではまず、エンジン ECU の仮想検証に重点を置いたプロジェクトを開始しました。特に、正確なエンジン制御に欠かせないクランクシャフト角同期関数呼び出しにも注力しました。同社は、現在のクランクシャフト角を評価する関数をプログラミングし、1 ms のラスタでクランクシャフト角同期ラスタの呼び出しを実行するようにしました。この関数を使用すると、クランクシャフトの現在の位置に応じて SWC 実装の呼び出しをトリガすることができます。同社では、ソフトウェアおよび必要な作業ステップに慣れるため、V-ECU の最初のセットアップを手作業で行い、そこから得

図 2：ControlDesk では、変数の状態の全体像がわかりやすく示されます。



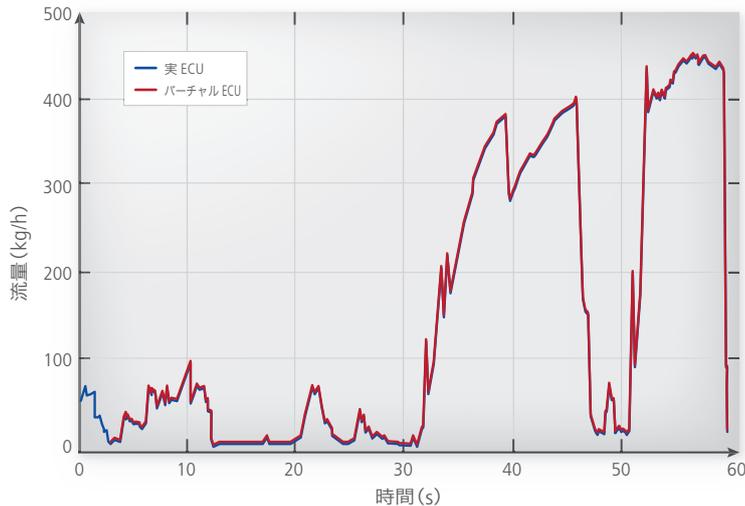


図3：V-ECUと量産 ECU のテストデータの比較において、V-ECU の挙動が極めて現実的であることが示されています。

う1つの利点は、複数の開発プロジェクトで並行して利用できることです。これにより、ハードウェアプロトタイプの入手の有無による影響は一切なくなります。

dSPACE SystemDesk の使用経験

同社は、SystemDesk が V-ECU を作成するための強力かつ柔軟なツールであることを確認できました。SystemDesk を使用すると、AUTOSAR アーキテクチャを容易にモデリングし、RTE やベースックソフトウェアを含む V-ECU を生成することができます。ドキュメントは総合的でわかりやすく、スクリプトを使用すれば API によってすべての作業ステップを容易に自動化することができます。同社では、最初のスクリプトのプロトタイプから最初の V-ECU の完成までに要した時間は、ほんの数週間でした。SystemDesk を用いて ECU アーキテクチャをわかりやすくビジュアル表示すると、既存の機能、インターフェース、および機能的関係の全体像を理解することができます。また、通常はさまざまなチームから提供される各種の機能を開発者間で効率的に連携させて確認することもできます。

まとめと展望

最初のプロジェクト (EECU の妥当性確認) では、量産プロジェクトの開発とテストに必要な成熟度を仮想制御ユニットが有していることが示されました。そのため、

同社は次のプロジェクトで、電気自動車と充電ステーション間の通信を制御する高電圧充電マネージャ用の V-ECU の作成に取り組みました。ここでは、内燃エンジンからモーターに至るまで、モーターとエンジンのすべての範囲を V-ECU の設計プロセスでカバーできることが示されました。現在では、Volkswagen 社における

さまざまな開発グループの SIL (Software-in-the-Loop) テストにおいて、V-ECU が使用されています。これらのテストでは、既存の HIL テストや設定を再利用できるため、テストの作成に要する作業が大幅に減少しています。■

Kirsten Pankratz 氏、Dominik Ott 氏、Volkswagen 社

「ECU アーキテクチャ全体を明確に再現できる SystemDesk の機能により、当社の各開発チーム間における効率的な連携が可能になりました。」

Dominik Ott 氏、Volkswagen AG

Kirsten Pankratz 氏

統合環境の仮想検証担当者、Volkswagen 社、ヴォルフスブルク (ドイツ)



Dominik Ott 氏

統合環境の仮想検証担当者、Volkswagen 社、ヴォルフスブルク (ドイツ)





From 3-D Printing to 3-D Sprinting

独自のアルゴリズムによる2倍速3Dプリントの実現

ミシガン大学の S2A (Smart and Sustainable Automation : スマートで持続可能な自動化) ラボの研究者達は、3D プリンタでプリント品質を低下させずに2倍の速さで出力できる方法を開発しました。この方法では、プリンタの不要な振動を低減するソフトウェアアルゴリズムが利用されています。この実現に向け、研究者達は dSPACE DS1007 PPC Processor Board および DS5203 FPGA Board を使用しました。



デ ストップ型の 3D プリントは、最近では至る所で見ることができます。3次元の物体を作成できるこれらのプリントは魅力的ですが、単純な物体を出力するだけでも何時間もの時間が必要となる場合があります。また、これらのプリントは、販売価格を抑えるため、軽量かつ柔軟に設計されていますが、その結果、ステッピングモーターが出す振動の影響を受けやすくなります。こうした過剰な振動によって、製品を出力する際に表面のうねりが出たり、不正確な垂直方向の積層が発生したりします(図 1b)。産業レベルの 3D プリントやその他の製造機械には、振動に起因する同様の限界があります。これに対する一般的な解決策は、動作速度を低下させるか、または減衰を追加するということとなりますが、これらを実施すると出力完了までの時間が長くなり、生産性が低下します。そこで、ミシガン大学の S2A (Smart and Sustainable Automation : スマートで持続可能な自動化) ラボの准教授である Chinedum Okwudire 氏とラボに所属する学生エンジニアチームは、振動により発生するこの誤差の問題の解決に取り組みました。同チームのケーススタディでは、高い造形品質を維持しながら、3D プリントの実効速度を 2 倍にすることができました。なお、研究プロジェクトはすでに完了しています。出力プロセスの向上の基盤となったのは、Okwudire 氏および同チームが開発したソフトウェアアルゴリズムです。このアルゴリズムを使用すると、3D プリントにおける誤差やゆがんだ部分の主な原因である不要な振動を回避または低減する動作コマンドを生成することができます。 >>



ミシガン大学機械工学部准教授である Chinedum Okwudire 氏は、研究エンジニアの学生である Molong Duon 氏(左) および Deokkyun Yoon 氏(中央) と共に、より高速な新しい 3D プリントアルゴリズムについて研究しています。



加速度限界	1 m/s ²	3 m/s ²	5 m/s ²	10 m/s ²	30 m/s ²
出力時間	3:59 h	2:42 h	2:21 h	2:06 h	1:50 h
ベースライン					N/A
FBS					

図 1a：市販の 3D プリントを dSPACE システムで制御。

図 1b：ソフトウェアアルゴリズムにより、同様の品質を維持しながら出力時間を半減させることができます。写真：Deokyun Yoon 氏、ミシガン大学工学部

不要な振動の軽減

Okwudire 氏は、准教授になる以前は、工作機械業界に勤めていました。同氏は、低速で機械のモーターを操作すると、振動による誤差が発生しないことが多いと気づきました。Okwudire 氏は、「適切なアルゴリズムを使用してソフトウェアで振動を補正すれば、精度を落とすこともハードウェアに追加コストを発生させることもなく、速度および加速度を高めることができますと確信していました」と述べています。「ただし、工作機械の大きな制限として、一般的にコントローラに実装できる変更は限られているため、新しい制御アルゴリ

ズムを使用することは困難でした」。この制限があったため、Okwudire 准教授と研究チームは、自身で作成したアルゴリズムを 3D プリントでテストすることにしました。これらのプリンタにも振動の問題があるため、速度や加速度が制限されますが、コントローラは変更可能です。Okwudire 准教授と研究チームが開発したソフトウェアアルゴリズムでは、生産性を低下させることなく振動による誤差を軽減することができます。このアルゴリズムは、FBS (Filtered B-spline) 振動補正技術を利用しています。Okwudire 准教授は、「FBS アルゴリズムを使用すると、プリンタが過

剰に振動する可能性があるタイミングを予測し、それに応じて動きを調整することで、時間的遅延を生じさせることなく、機械の運動限界で生じる振動によるトラッキング誤差を最小限に抑えることができます」と述べています。

動作コマンドの最適化

同チームは、プリントヘッド (x 軸) およびビルドプラットフォーム (y 軸) におけるステッピングモーターのあらゆる動作を考慮し、積極的に制御する方法を使用しました。この場合、ビルドプラットフォームの動作を加速させると、慣性負荷がモーターの保持トルクを超えてしまい、モーターがカウントをスキップしてポジショントラッキングができなくなってしまうという点に注意が必要でした。そのため、トラッキングをあらかじめ設定された一定のレベルに維持できるオンラインシステムに 3D プリントを接続することで、振動率を制御しました (限定プレビュー FBS アプローチ)。アルゴリズムにより、状況を事前に予測し、パラメータを計算して調整することで、動作コマンドの最適化を図ることができました。

高品質な部品をより高速に出力

Okwudire 准教授と研究チームは、アルゴリズムをテストするため、ケーススタディを実施しました。ここでは、米国議会議事堂の 3D ミニチュアの造形を行いました。ただし、最初の一連の造形物には、FBS アルゴリズムの手法を用いませんでした。この場合、出力プロセスを従来の方法で加速すると、振動による重大な登録誤差が発生してしまい、出力された 3 次元の物体はすべて使い物になりませんでした。次の一連の造形物には、FBS アルゴリズムの手法を適用しました。すると、極めて確実に見当誤差を回避することができました。ベースラインの出力結果と比べて、



「dSPACE は、アルゴリズムのプロトタイピングを極めて短期間で行うための、使い易く信頼性に優れたプラットフォームを提供してくれました。」

Chinedum Okwudirev 氏、機械工学准教授、ミシガン大学

アルゴリズムの詳細

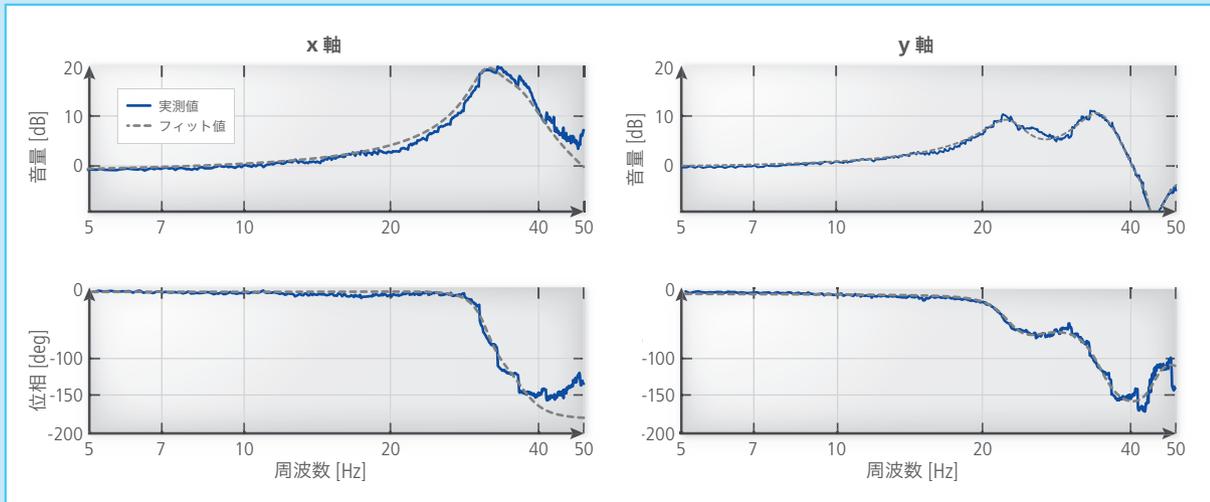


図2：3Dプリンタのx軸とy軸の周波数応答関数。最小二乗法を使用して、軸レベルのダイナミクスを特定します。

図2は、3Dプリンタにおけるx軸とy軸の周波数応答関数 (FRF) の実測値とフィッティング値を示しています。FRFでは、プリンタのステッピングモーターに掃引正弦波加速度信号を適用することにより、計測を行います。さらに、加速度計を使用してビルドプラットフォームとプリントヘッドの相対加速度を取得します。フィットモデルの生成には、MATLAB® の invfreqs 関数が使用されています。FBS (Filtered B-spline) 方式を実装するため、プリンタ独自のモーションコントローラはバイパスされています。その代わりに、DS1007 PPC Processor BoardとDS5203 FPGA Boardで構成されたdSPACEリアルタイムシステムが、ステッピングモータードライブ (Pololu DRV8825) を介して

1 kHzのサンプリングレートでプリンタのステッピングモーターに軸レベルの動作コマンドを送信します。

dSPACEシステムは、Gコードテキストファイルをロードし、データを解釈したうえで、FBS振動補正アルゴリズムをリアルタイムに実行して動作軌道を最適化し、振動による誤差を最小限に抑えます。dSPACEシステムは、最適化した動作軌道をステッピングパルスや方向パルスに変換し、デジタルチャンネルを介して0.075 msのパルス幅でステッピングドライブに送信する場合にも使用されました。

FBSアルゴリズムの手法では出力時間をはるかに短縮しながら高品質の造形を行うことができました。ミシガン大学工学部のチームは、FBSアルゴリズムの手法を実装することで、造形品質を低下させずに、3Dプリントに要する時間を50% (3倍の安全率で4時間から2時間に) 短縮することができました。この研究により、FBSアルゴリズムベースの手法を活用すれば、3Dプリンタのファームウェアをアップグ

レードできるようになり、追加コストなしで既存の3Dプリンタの処理速度を高められることが判明しました。■

ミシガン大学のご厚意により寄稿



アルゴリズムの詳細については、次の動画をご覧ください。
www.dspace.jp/go/dMag_20191_UM



WABCO

Smart Software, Smart Trucks

安全性、効率性、可用性は、商用車の必須要件です。テクノロジーサプライヤーである WABCO 社では、セーフティクリティカルかつ信頼性の高いシステムを最適に開発できるようにするため、一貫したプロセスを導入しました。SystemDesk と TargetLink に基づく総合的なツールチェーンにより、AUTOSAR および ISO 26262 に準拠した開発環境を実現しました。



セーフティクリティカルな運転支援システムの開発をサポートする効率的なプロセスと手法

トラックやバスの効率性と安全性を向上させるためには、適正速度で正しい車線を走行し、適切なタイヤ空気圧を確保し、最先端の衝突回避システムを使用することが重要です。WABCO社の運転支援システムを使用すると、これを確実に行うことができます。こ

のシステムは、さまざまなメーカーの商用車の複雑な電気/電子 (E/E) システムに組み込まれており、車両のセンサやアクチュエータと通信を行うことでドライバーをサポートします。ただし、セーフティクリティカルなシステムの開発や実装には多数の課題が伴います。そして、それらは

ツールチェーンの設計や開発プロセスのプランニングの時点で考慮すべき問題です。さらに、開発者にとって、ISO 26262 や AUTOSAR などの主要な規格への準拠だけが重要な要素ではありません。製品においては競争上の優位性だけでなく革新性も必要のように、開発においては時間の削減とコストの最適化も重要です。そのため、継続性、トレーサビリティ、自動化、変更管理、およびテストのフロントローディングという基準に対応できるツールチェーンが必要となります。WABCO社が2段階のV字モデルを持つ設計プロセスを採用しているのはそのためです(図1)。このプロセスを使用すると、開発中にいつでもすばやくテストを実行することができます。

AUTOSAR 構造の開発

同社では、PTC Integrity で指定された要件ベースで開発を行っています。この環境では、要件が十分に詳細かつ定型化されていることが設計ガイドラインにより保証されます。そのため、カスタムプラグインを使用して基本的なAUTOSARコンフィギュレーションファイル (ARXML ファイル) をエクスポートすることが可能です。コンフィギュレーションファイルは、アーキテクチャツールである dSPACE SystemDesk にインポートされます。これにより、構造体コンポーネントの名前が付いたソフトウェア構造が作成されます。SystemDesk では、開発者が実装の詳細、データタイプ、および AUTOSAR 通信メカニズムを構造に追加し、それを TargetLink Data Dictionary に渡します。次に TargetLink を使用して AUTOSAR ソフトウェアコンポーネントのフレームモデルを生成し、機能モデルを挿入します(図2)。これらのプロセスは直接リンクされており、スクリプトを使用して自動化すれば、効率性の向上やエラーの防止が可能です。ツールカップリングを使用すると、要件管理と開発環境の間で要件を追跡することもできます。コメントはモデルにも記載されます。

モデルベースの制御設計

WABCO 社では、コントローラの開発に Simulink/TargetLink を使用しています。これらのモデルベースのツールを使用すると、要件を機能モデルに変換することができます。最初のステップでは、モデリング >>

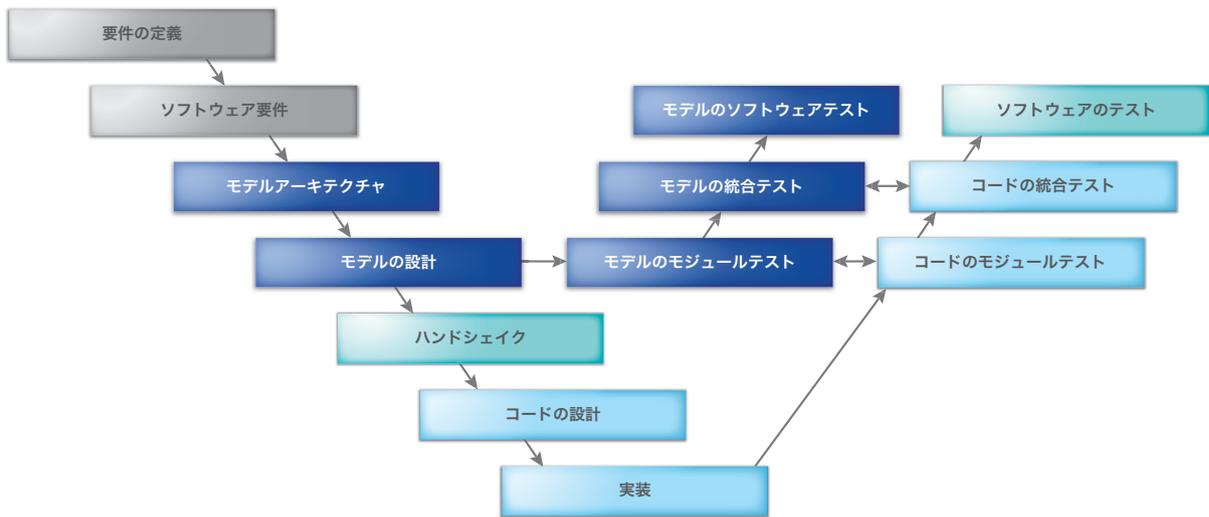


図1：WABCO社で確立されているプロセスはVモデルを参考に設計されており、これをダブルVモデルに拡張しています。これにより、仕様策定および設計段階でもSIL (Software-in-the-Loop) テストを実行できるようにしています。これは、すべてのプロセスステップ間の移行をシームレスに行えるようにするためであり、ツールを統合することで実現されています。

した機能がすべての機能要件を満たしている必要がありますが、ターゲットハードウェアの制限に関する考慮はこの時点では不要です。機能要件については、TargetLinkのMIL (Model-in-the-Loop) シミュレーションの際に確認されます。比較機能テストで対象となるのは、要件や手法がISO 26262に準拠しているからです。次のステップでは、機能とモデルをターゲットハードウェア用に最適化し、その後、TargetLinkを使用して量産コードを生成します。さらに、BTC Embedded Systems社製のBTC EmbeddedTesterでコードとモデルのバックトゥバックテストを実施し、コードを検証します。

ソフトウェアの実装

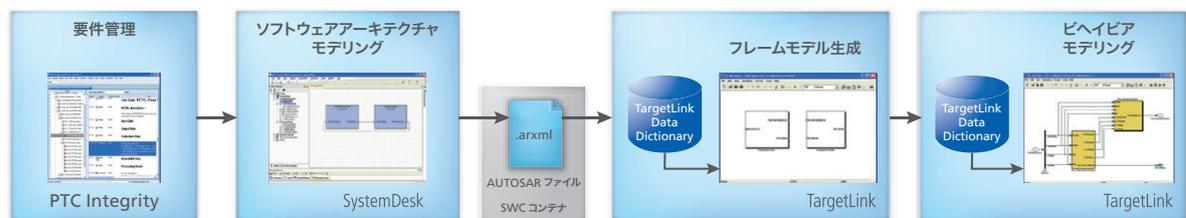
WABCO社のソフトウェアを形成するAUTOSARソフトウェアコンポーネントは、個々の機能が含まれた複数のモジュールで構成されています。ここでは、TargetLinkのインクリメンタルコード生成により、モデルごとに個別のコードが生成されます。これにより、分散型の開発環境でも作業が可能になります。また、テストした個々のモジュールのコードをAUTOSARソフトウェアコンポーネント(SWC)に統合することもできます。インクリメンタルコード生成では、モジュールのコードを毎回生成する必要がなく、コード生成の時間を大幅に短縮できるため、特

に複雑なSWCに有用です。組み合わせたSWCは、テストを行った後、電子制御ユニット(ECU)のソフトウェア全体に統合されます。

効率的なソフトウェア検証

ソフトウェア品質を決定付ける要素は、開発プロセス全体で継続的にテストを行っているかどうかです。早期の段階で総合的なテストを行うことで、より迅速かつ効率的に成熟度を高めることができます。WABCO社の開発者は、一貫性および妥当性チェックに独自のツールを使用することで、プロジェクトの当初から設計上のエラーを検出および修正できるようにしてい

図2：要件から制御設計まで。運転支援システムなどの複雑なソリューションを効率的に開発するうえで、ツール間のシームレスな移行はそのベースとなります。



「量産コード生成ツールである TargetLink は、安全関連規格の ISO 26262 および IEC 61508 に準拠したソフトウェア開発に関する認証を取得しているため、非常に有用です。」

Holger Jakobs 氏、WABCO 社

ます。また、開発プロセスにおいては、次の TargetLink Ecosystem のツールも活用して、ソフトウェア検証を行っています。

BTC EmbeddedTester：インテリジェントなテストケースの生成。全自動かつ ISO 26262 認定済みのバックトゥバックテストを行えるようにします。

MES MXAM：関連するガイドライン（モデリングガイドライン、MISRA、TargetLink モデリングガイドライン）への適合性を判定するための自動チェック。このツールは、ガイドラインに従って初期設計が行われているか確認します。そのため、開発プロセスの早期の段階でも使用されます。ソフトウェアはリリース前にチェックされます。

MES M-XRAY：モデル構造と複雑度の分析。このツールは、ソフトウェアの安全性に関連する複雑度や潜在的な致命度を評価するための基準を提供します。このツールを使用すると、ISO 26262 に準拠して開発を行うことができます。また、社内のレポートツールを活用すれば、テスト

の開始を支援したり、結果を要約したり、さらにはプロジェクトの進捗を継続的にモニタリングしたりすることができます。

まとめと展望

WABCO 社では、ツールチェーンの実装により、最先端の ADAS プロジェクトを完了することができました（図 3）。すべてのシステムは量産段階へと展開され、さまざまなメーカーのトラックやバスで使用されています。WABCO 社は現在、dSPACE シミュレータを ECU の妥当性確認に使用しており、さらに 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 を使用して、より早期の段階でエラーを発見することを計画しています。■

Holger Jakobs 氏、WABCO 社

図 3：ADAS プロジェクトの成功例：自動車線維持システム OnLaneASSIST™、ターンアシスト OnCity™ Urban Turning Assist、自動緊急ブレーキシステム (AEBS) OnGuardMAX™。



目標達成：シームレスなツールチェーン

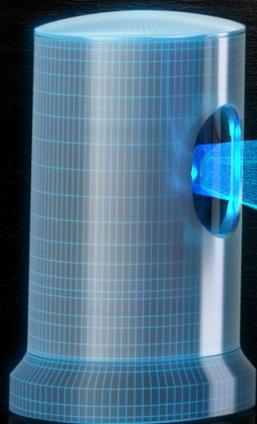
連続する開発ステップ間やツール間でデータを直接交換することにより、ツールチェーンをシームレスに連携させることができます。WABCO 社では、次の標準ツールと独自の自動化スクリプトを使用してこれを実現しました。

- 要件管理：PTC Integrity™
- アーキテクチャ設計：dSPACE SystemDesk
- 制御設計：Simulink®/dSPACE TargetLink
- コード実装：TargetLink
- ソフトウェア検証：BTC EmbeddedTester、MES MXAM、MES MXRAY、独自のカスタムツール

Holger Jakobs 氏

Simulink および TargetLink を使用したモデルベースソフトウェア開発のエキスパート、アプリケーションソフトウェア能力センター、WABCO 社、ハノーバー（ドイツ）



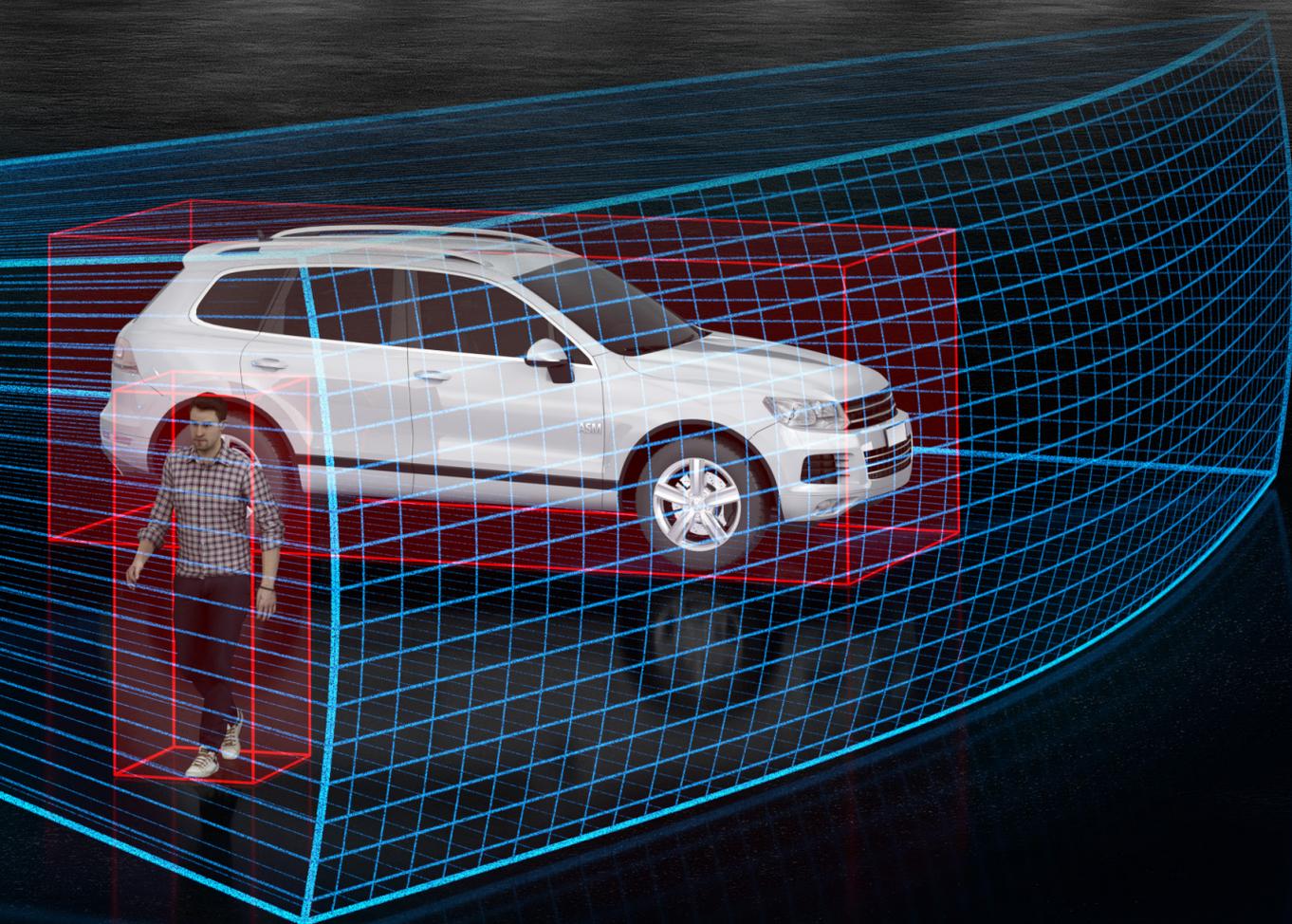


Objective

Capture

現実的なセンサシミュレーションによる
自動運転機能の妥当性確認

自動運転車両は、センサを使用して周囲の状況を認識します。早期の段階で車両の機能を効率的に検証するには、環境、センサ、および車両を仮想的な走行テストで現実的にシミュレートしテストする必要があります。この目的のため、dSPACEでは強力なハードウェアおよびソフトウェアで構成された統合ツールチェーンを提供しています。



自 動運転車両が道路交通の一部として機能する可能性については、もはや疑問の余地はありません。それがいつ実現されるかの方がより大きな問題です。レベル4車両の量産準備が整うのは、2020年から2021年と予想されています。この目標を達成するためには、運転機能をまだ開発中の段階から妥当性確認もできるようにすることが不可欠

です。つまり、開発者は運転機能と（カメラ、LiDAR、レーダーなどの）環境センサを組み合わせ、疑似現実をラボで作出し、その中のトラフィックシナリオでシミュレーションを行うことが必要です。これに代わる選択肢は実際の路上でのテストドライブとなりますが、この場合、すべての必須シナリオをカバーするためには実車で何百万キロメートルも走行することが必

要になります。つまり、不可能という単純な理由から実行できません。

妥当性確認プロセスの条件

自動運転機能の妥当性を確認する場合の重要な条件は、多数存在します。

- 多数の（時には40以上の）異なるセンサ（カメラ、LiDAR、レーダーなど）から計測された値を同時に考慮する必要

>>

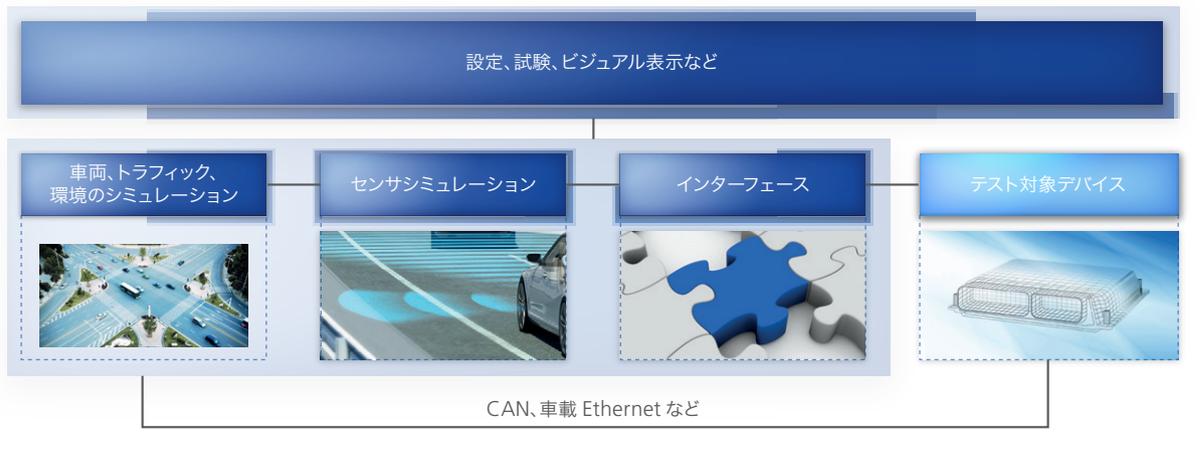


図1：ADASおよびAD機能向けシミュレーション環境の基本構造。標準的なPCテクノロジー(MIL/SIL)を活用したり、実際の制御ユニット(HIL)を組み込むことにより、純粋な仮想シミュレーションを実行できます。

があることから分かるように、高度に自動化された自動運転機能は極めて複雑です。

- テスト対象の各種のトラフィックシナリオ（車両、歩行者、道路標識など）はほぼ無限であるため、テストには複雑な仮想3Dシーンが必要となります。
- 光パルス、マイクロ波などの放出または捕捉に伴う物理的なプロセスは、非常に演算負荷の高い物理環境およびセンサモデルとして統合しなければなりません。これには、誘電率や粗度など、オブジェクトの材料特性の影響も含まれます。
- ISO 26262規格（道路車両 - 機能安全性）への適合性を保証するため、何百万キロメートルものテストドライブに対応する必要があります。また、重大な運転状況には特に注意を払い、必要に応じて走行距離が適正であるか確認することも必要です。

dSPACEでは、ハードウェアとソフトウェアを組み合わせることにより、センサシミュレーションのすべての前提条件を開発プロセス全体を通じて考慮できるようにする強力なツールチェーンを構築しています。これを使用することで、開発者は早期の段階でエラーを特定できるようになり、極め

て効率性の高いテストプロセスを設計できるようになります。

シミュレーションの必然性

妥当性確認プロセスで求められる要件を満たすには、運転機能の検証と妥当性確認を開発プロセスのすべての段階で行うことが必要です。シミュレーションは、これを実践するための最も効率的な方法です。自動運転機能は非常に複雑です。そのため、MIL (Model-in-the-Loop) から SIL (Software-in-the-Loop) および HIL (Hardware-in-the-Loop) に至るまでの開発プロセスのすべての段階において、すべてのプラットフォームに関連するテストケースを再現し再利用できることが不可欠となりますが、これを実現できるのは、統合型のツールチェーンのみです。

シミュレーション環境の構造

クローズドループシミュレーションの構造は、MIL/SILやHILの構造と同じです(図1)。このシミュレーションでは、基本的に車両、トラフィック、環境、およびセンサのシミュレーションに対応しています。インターフェースは、センサシミュレーションとテスト対象デバイス(自動運転用の制御ユニットまたは機能ソフトウェア)の接続に使用します。また、シミュレーションモデルの設

定、テストの実行、シーンのビジュアル表示などを選択できるオプションも必要です。さらに、FMI、XIL-API、OpenDrive、OpenCRG、OpenScenario、Open Sensor Interfaceなどの一般的なインターフェースや規格をサポートすることも重要です。これらは、German In-Depth Accident Study (GIDAS: ドイツ事故詳細調査)の事故データベースのデータを実装したり、協調シミュレーションなどのトラフィックシミュレーションツールを統合する際に必要となります。

車両、トラフィック、および環境のシミュレーション

センサシミュレーションの基本は、さまざまな道路利用者が相互に作用するトラフィックシミュレーションです。dSPACEでは、これに対応するため、Automotive Simulation Models (ASM) ツールスイートを提供しています。ASMを使用すると、仮想環境上で仮想テストドライブを定義することができます。ASM Trafficモデルでは、道路利用者の動きを計算できるため、追い越し運転、車線変更、交差点の交通などをシミュレートできます。ここでは、センサモデルが車両と仮想環境との相互作用における重要な役割を果たします。

dSPACE ツールチェーンは、開発プロセス全体を通じて高精度のセンサシミュレーションをサポートしています。

	<p>環境センサインターフェース (ESI) ユニット データおよびターゲットリストをセンサ ECU に挿入</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 生のセンサデータを同期挿入できる強力な FPGA ■ 幅広いインターフェースに柔軟に対応可能
	<p>センサシミュレーション PC ターゲットリストまたは生データを供給する環境センサ (レーダー、LiDAR、カメラ) の環境モデルを計算するセンサシミュレーション用プラットフォーム</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 環境モデルを計算する強力な NVIDIA® GPU を搭載
	<p>SCALEXIO HIL および RCP プロジェクト用のモジュール型のリアルタイムシステム</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 各種センサ (カメラ、レーダー、LiDAR など) の統合オプション ■ ADAS および自動運転システムの機能チェーン全体のテスト ■ ConfigurationDesk による簡単な設定
	<p>VEOS どのシミュレーションハードウェアにも依存せず、開発の早期の段階で ECU ソフトウェアの妥当性を確認できる PC ベースのシミュレーションプラットフォーム</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Simulink® モデル (dSPACE ASM など) のサポート ■ クラスタとのスケーラブルな組み合わせにより、リアルタイムよりも高速なシミュレーションを実現
	<p>Automotive Simulation Models (ASM) 車載アプリケーションをシミュレートできるさまざまなモデルで構成されたツールスイート</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 運転操作、道路、車両、道路利用者、トラフィックオブジェクト、車載センサなどのシミュレーション ■ ModelDesk を使用したモデルのパラメータ設定
	<p>MotionDesk 3D アニメーションおよびセンサシミュレーション用のソフトウェア</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ トラフィックシナリオの 3D リアルタイムビジュアル表示、および各種カメラ (モノ、ステレオ、魚眼) のテスト用ビデオフレームの生成 ■ レーダー、カメラ、および超音波センサのオブジェクトリストを使用したセンサ環境モデル、および 3D ポイントクラウドデータ

図 2 : センサシミュレーションに対応した dSPACE ツールチェーンの主要製品の概要。

センサの構造と機能

センサを使用する目的は、センサの生データによってターゲットをまず特定し、オブジェクトを検出することです。データには、一定の相対速度で記録される局所的に集積した反射点などを含めることができます。次に、これらの反射点の特徴的な配置から、(車両、歩行者、道路標識などの) 分類されたオブジェクトを識別します。カメラ、レーダー、および LiDAR センサは基本的なデザインがよく似ており、一般的にフロントエンドでデータのプリプロセス処理を行う構成となっています。その後、データ処理ユニットが生データのストリームを生成してターゲットリストを出力し、別のユニットがオブジェクトリストを生成して位置データを供給します。さらに、アプリケーションロジックとネットワーク管理などのフローが続きます。

センサシミュレーションで使用される センサの統合オプション

種類が異なっても同様の構造を持つセンサは、シミュレーションにそれぞれ容易に統合することが可能です。また、適切に準備されたシミュレーションデータを必要に応じて個々のデータ処理ユニットに挿入することも容易です (図 4)。どのような統合オプションが適切かは、シミュレーションでセンサの特性をどの程度完全かつ現実的に再現する必要があるかや、センサのどの部分をテストするかによって異なります。環境シミュレーションをカメラベースの制御ユニット (オプション 4) などに供給する場合には、無線 (OTA) でのステミュラス信号入力を使用します。カメラセンサでは、周囲のアニメーションシーンを表示するモニタの画像を取得します。この手法では、カメラレンズや画像センサ

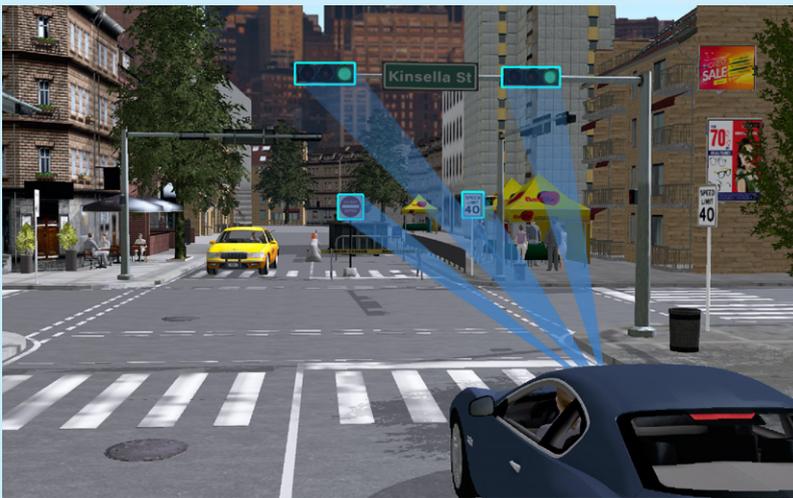
を含めた処理チェーン全体をテストすることができます。デジタルセンサデータ (オプション 3) は、生のセンサデータ、すなわちデータのプリプロセス処理 (オプション 3b) の直後に返されるデータと、ターゲットリスト (オプション 3a) とに分類することができます。たとえば、カメラセンサの場合、これは画像データストリーム (生データ) または検出されたターゲット (ターゲットリスト) になります。次のレベルは、分類されたターゲットとトランザクションデータが含まれたオブジェクトリストです (オプション 2)。センサと関係のないテストには、レストバスシミュレーションを使用します (オプション 1)。オブジェクトリストとターゲットリスト、および生データを使用したシミュレーションが HIL および SIL の両シミュレーションに対応したアプリケーションシナリオであるのに対し、

>>

物理的／現象的モデル

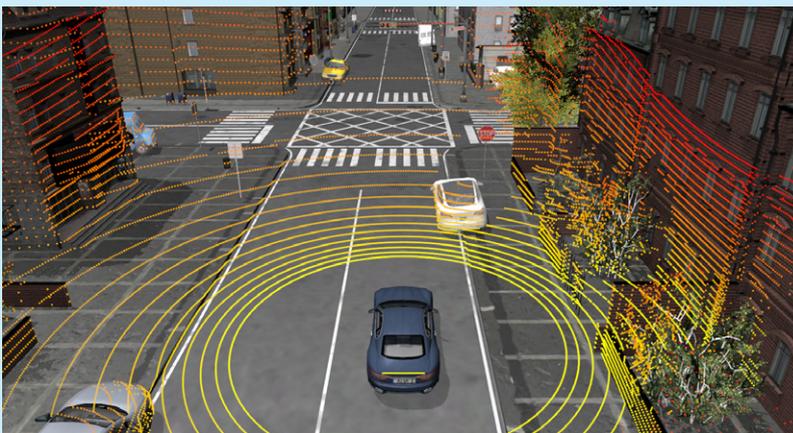
dSPACE は、生データやターゲットリストを一般的に供給するカメラ、レーダー、および LiDAR センサをシミュレートするための極めて高精度な物理センサ環境モデルを開発しました。これらは画像演算処理装置 (GPU) での計算を考慮して設計されています。

カメラモデル



カメラベースの運転支援または自動運転機能の妥当性確認を行う場合、基本的に、異なるレンズタイプだけでなく、レンズの色収差や口径食などの光学的効果も考慮する必要があります。また、パノラマビューでさまざまな画像センサ (モノ/ステレオカメラ) や複数のカメラをシミュレートできるオプションも必要です。さらに、妥当性確認では、センサの特性、色 (単色表現、ベイヤーパターン、HDR など)、ピクセルエラー、および画像ノイズが重要な要素になります。

LiDAR モデル



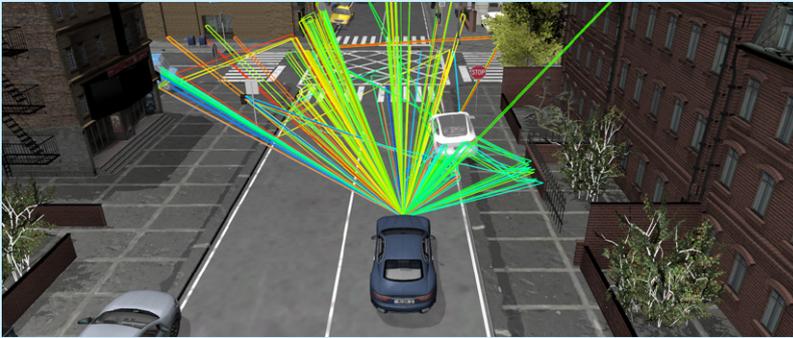
特定の動作モードを光波に合わせて設定できることや、3D シーンで使用されるオブジェクトに反射率などの表面特性が設定されていることが不可欠です。また、光の散乱が雨、雪、または霧によって変化することや、1本の光線が複数のオブジェクトによって反射される可能性があることも考慮する必要があります。これらの状況により、センサ表面全体に振幅分布が生じ、それがさらに (ムービングオブジェクト、静止オブジェクトなどの) 環境や時間によって変化します。LiDAR モデルは、ポイントクラウドから生データに至るまでの幅広いアプローチに対応しています。

LiDAR システムでは、レーザーパルスを放射し、オブジェクトから反射した光を計測します。これにより、オブジェクトまでの距離を経過時間から導き出します。また、このシステムでは距離だけでなく、オブジェクトの表面状態によって変化する反射光

の強さも計測されます。これにより、ポイントクラウドの形で環境を記述できるようになるため、データを距離や強度に関する情報を含むターゲットリストとして利用できるようになります。ただし、LiDAR モデルでは、角度分解能を含めたセンサの

>>

レーダー環境モデル



レーダーは、雨、雪、霧などの悪天候条件や極端な照明条件でも確実に使用できるため、ADAS/AD 運転機能において重要な役割を果たします。レーダーセンサを使用すると、オブジェクトの種類、すなわち車両、歩行者、自転車などを特定するだけ

でなく、それらの距離、垂直および水平方向の角度、さらには相対速度や絶対速度も計測することができます。おそらく、最も重要なレーダーテクノロジーの1つは、周波数変調信号を使用する周波数変調連続波レーダー (FMCW) です。これは、連

続波レーダーとも呼ばれます。最新のレーダーシステムは、1計測周期で約128の周波数変調信号を送信します。レーダーは、オブジェクトによって反射された信号(エコー信号)を検出します。ここでは、周波数の変化と生成された信号を使用して、オブジェクトの距離を計測します。オブジェクトの速度はドップラー周波数によって特定することができます。dSPACEのレーダーモデルを使用すると、たとえば、モデリングにおいて多重伝播、反射、および散乱を考慮することができるため、センサ経路の挙動を現実的に再現できます。

OTA スティミュラス信号入力およびレフトバスシミュレーションはHILのみで使用できます。

センサモデリングの種類

さまざまなセンサ統合オプションのそれぞれには、適切に処理されたデータを提供するためのセンサモデルが必要です。基本的に、センサシミュレーションのモデルは、その複雑さや現実との近似性によって分類することができます(図3)。オブジェクトリストまたはターゲットリストを返すのは、実際の参照データに基づいたグラウンドトゥールズモデルと、イベントまたは状態の発生確率に基づいた確率モデルという2種類のモデルです。一般的に、生データは現象的(すなわちイベントや状態のパラメータに基づく)モデル、または物理的(すなわち数学的に定式化された法則に基づく)モデルによって供給されます。開発する運転機能の妥当性確認を行う場合は、開発の用途や時期に応じて適切なモデルを使用します。

グラウンドトゥールズモデルと確率モデル

ASM Traffic シミュレーションモデルには、SIL または HIL の用途でオブジェクト

リストレベルでテストを行うための多数のセンサが含まれています。

- 3D レーダーセンサ
- 2D/3D オブジェクトセンサ
- カスタムセンサ
- 道路標識センサ
- 車線区分線センサ

これらのセンサモデルは、VEOS または SCALEXIO プラットフォームを使用した CPU ベースのシミュレーション用に設計されています。確率モデルを使用すると、オブジェクトリストに基づいて、検出されたオブジェクトごとに霧や雨の環境条件などの現実的な影響を複数のターゲットに重ね合わせるすることができます。これらをすべて使用してレーダーの特性をエミュレートし、ターゲットリストを計算します。

SIL (Software-in-the-Loop) シミュレーションによる妥当性確認

SIL (Software-in-the-Loop) シミュレーションを使用すると、標準的な PC テクノロジーを用いてセンサベースの制御ユニット向けソフトウェアを仮想的に検証することができます。ハードウェアプロトタイプが

まだ入手できない早期の段階では、シミュレーションを用いることにより、アルゴリズムをテストできます。また、VEOS (図1) とその対応するモデルを使用すると、リアルタイムよりも高速な計算が可能になります。スケーラブルな PC クラスタで演算を行うオプションを追加すれば、速度はさらに向上します。これにより、極めて幅広い多数のテストケースを管理できるようになります。また、何百万キロメートルものテストドライブをタイムリーにカバーする必要のあるテストも実行できます。SIL シミュレーションでは、VEOS を使用することにより、車両、環境、およびトラフィックシミュレーション、さらには(該当する場合は)仮想制御ユニットも計算します。また、グラウンドトゥールズモデルや確率モデルをベースとしたシミュレーションでは、モデルは VEOS にも統合されます。現象的または物理的なセンサモデルを使用する場合、GPU 上で計算を行うセンサシミュレーション(カメラ、レーダー、LiDAR)用のアプリケーションは、常に VEOS と同じプラットフォームで実行されます。環境シミュレーションのモーションデータがセンサシミュレーションに転送されると、レーダー、LiDAR、またはカメラセンサのモデ

>>

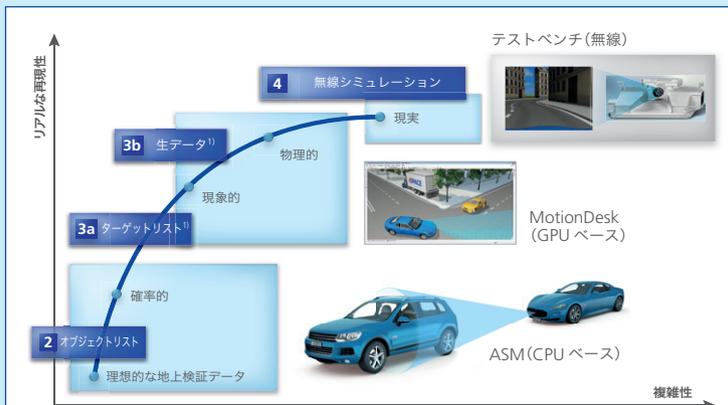


図3：センサシミュレーションの現実度とさまざまな機能の複雑さとの相関関係。

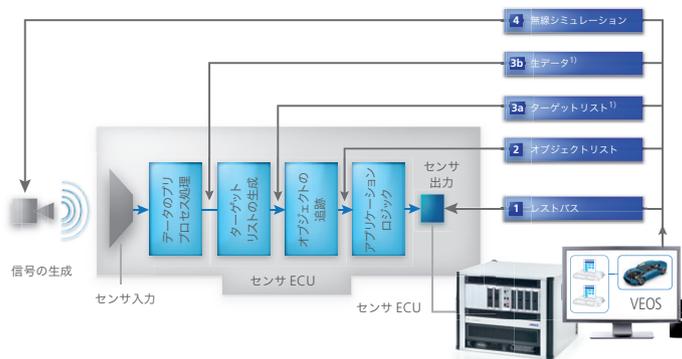


図4：環境センサに対しスティミュラス信号入力またはシミュレーションを行う場合のさまざまなオプションの概要。



¹⁾ オプション 3a および 3b では、オブジェクトの識別段階が異なるデジタルセンサデータを示します。

ルが計算されます。つまり、生データのシミュレーションは、センサの物理的特性を考慮しながら、現実的な環境や複雑なオブジェクトを含む複雑な 3D シーンおよびモーションデータに基づいて行われます。この演算は高性能グラフィックスプロセッサ上で実行され、それにより、レーダーや LiDAR などの環境モデルを計算するための光線追跡アルゴリズムがシミュレートされます。このセンサシミュレーションの結果は、さらにセンサベースの仮想制御ユニットに送信されます。この通信は、Ethernet または仮想 Ethernet を介して行われます。このテクノロジーは、センサベースの仮想制御ユニットと車両シミュレーションのやり取りにも使用されます。

HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションによる妥当性確認

HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションを使用すると、記録されたデータまたは人工的なテストデータに基づいてスティミュラス信号を入力することにより、ラボで実際の ECU をテストできます。SIL シミュレーションとは異なり、HIL シミュレーションでは制御ユニットの正確な時間的挙動を調査することができます。dSPACE SCALEXIO HIL プラットフォームでは、トラフィック、ピークルダイナミクス、および環境シミュレーションを行います。CAN や Ethernet などを通じて車両シミュレーションを車両ネットワークに接続すると、レストバスシミュレーションが可能になります。車両や他のオブジェクトのモーションデータは、カメラ、LiDAR、レーダーのセンサ環境モデルを計算できる高性能グラフィックスプロセッサを搭載した強力な PC に Ethernet 経由で送信されます。各種のセンサから取得されたこのデータ (生データまたはターゲットリスト) は集約され、ディスプレイポートを介して環境センサインターフェース (ESI) ユニットに送信されます。ESI ユニットは、関連するすべてのプロトコルやインターフェースに対応できるように、高度にモジュール型の設計となっています。ESI ユニットの高性能 FPGA では、すべてのセンサからのデータストリームを専用センサの個々のデータストリームに変換し、それらをさまざまなインターフェースを介して対応するカメラ、LiDAR、またはレーダー制御ユニットに送信します。

dSPACE の物理センサモデルを使用すると、カメラ、LiDAR、およびレーダーセンサの生データを最高の精度でシミュレートできます。

無線スティミュラス信号入力による 妥当性確認

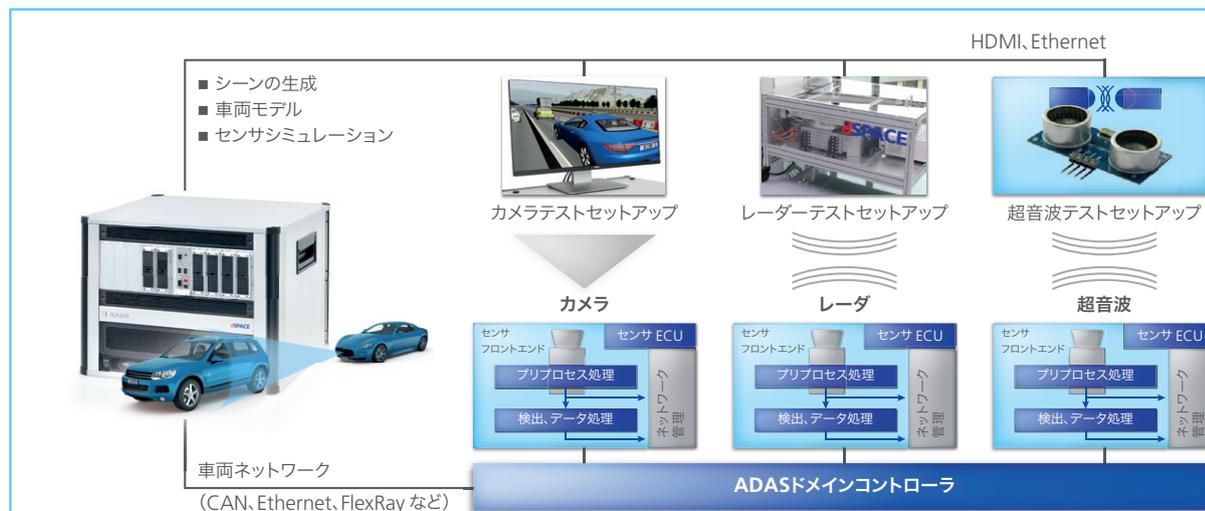
無線 (OTA) スティミュラス信号入力は従来型のセンサテスト手法であり、センサベースの制御ユニット全体を制御ループに統合します (図 5)。この設計は、カメラのレンズや画像センサなど、センサのフロントエンドをテストする場合に最適です。ここでは、SCALEXIO を使用して車両、環境、およびトラフィックシミュレーションの計算を行っています。カメラセンサのテストでは、SCALEXIO シミュレータと MotionDesk を使用して、トラフィックシーンをシミュレートし、画面に表示します。カメラの場合、実際の街路の場面が仮想シーンで再現されます。また、dSPACE Automotive Radar Test System (DARTS) により、レーダーエコーが SCALEXIO シミュレータで計算された運転シナリオと協調した形でレーダーセンサに渡されます。これにより、ACC (アダプティブクルーズコントロール) や AEB (自動緊急ブレーキ) などの運転機能の検証も可能になります。

まとめ

自動運転車両が道路状況を考慮しながら安全に走行するためには、ADAS/AD 機

能によって、あらゆる運転シナリオで正しい判断を下さなければなりません。ただし、考えられる運転シナリオの数は事実上無限です。そのため、ラボでの ADAS/AD 機能要件のテストは非常に複雑なものになります。これらのテストは、すでに単一のテスト手法だけでは実施できなくなっており、さまざまなテスト手法を組み合わせることが重要です。これらの手法には、MIL、SIL、HIL、オープンループテスト、クローズドループテスト、さらには実際のテストドライブなどがあります。この複雑なテストおよびツール環境を考慮した場合、妥当性確認プロセスの信頼性向上の鍵となるのは、柔軟性に優れた統合ツールチェーンを構築し、シミュレーションモデルとテスト対象のデバイスに汎用性の高いインターフェースと統合オプションを提供できるようにすることです。つまり、センサおよび環境シミュレーションに対応した dSPACE ツールチェーンこそ、非常に便利かつ有効なソリューションであると言えます。このツールチェーンでは、シングルソースからさまざまなツールを提供できるため、ツール間のスムーズな相互連携が実現し、妥当性確認プロセスの大幅な効率化が可能です。 ■

図 5 : さまざまな環境センサに対する無線スティミュラス信号入力の原理



AUTOSAR Adaptive Platformにより、
アプリケーションソフトウェアの
動的な展開をサポート

Adaptation Talent



自動運転機能には、広範かつ複雑な要件が課されます。こうした場合には、Adaptive AUTOSAR 規格が有用です。柔軟性の高い動的なサービスベースのプラットフォームを使用することにより、既存の ECU に新しい機能をインテリジェントに統合することができます。SystemDesk と VEOS は、このような新しいアプローチに着実に対応しています。

高 度な自動運転ではもちろん、自律走行であっても、その妥当性確認には、リアルタイムテストの想定をはるかに超える距離のテスト走行が必要となります。つまり、妥当性確認プロセスを開発の早期の段階で自動化するうえで求められる要件は大幅に増加しています。それを解決するのが SIL (Software-in-the-Loop) シミュレーションです。この手法では、実際の ECU コンポーネントをテストする場合と異なり、ECU のソフトウェア部分のみをテストするため、機能開発の段階で既に取り入れることができます。ただし、これを行うには、機能コードのコンパイルと実行が必要となります。

バーチャル ECU の活用

シミュレーションプラットフォームである VEOS を使用すると、コードを実行することができます。VEOS では、特にバーチャル ECU (V-ECU) をシミュレートします。V-ECU のコードは、ターゲットのプラットフォームハードウェアから独立しており、極力緊密に量産コードと対応するようになっています。また、AUTOSAR 規格で

は、ECU のソフトウェアコンポーネントをモジュール化するためのレイヤモデルが定義されており、これには、基本機能向けの標準化されたインターフェースも含まれています。そのため、ECU コードをハードウェアとは無関係に実装できます。つまり、AUTOSAR 規格に従って開発したコードは、プラットフォーム非依存となります。

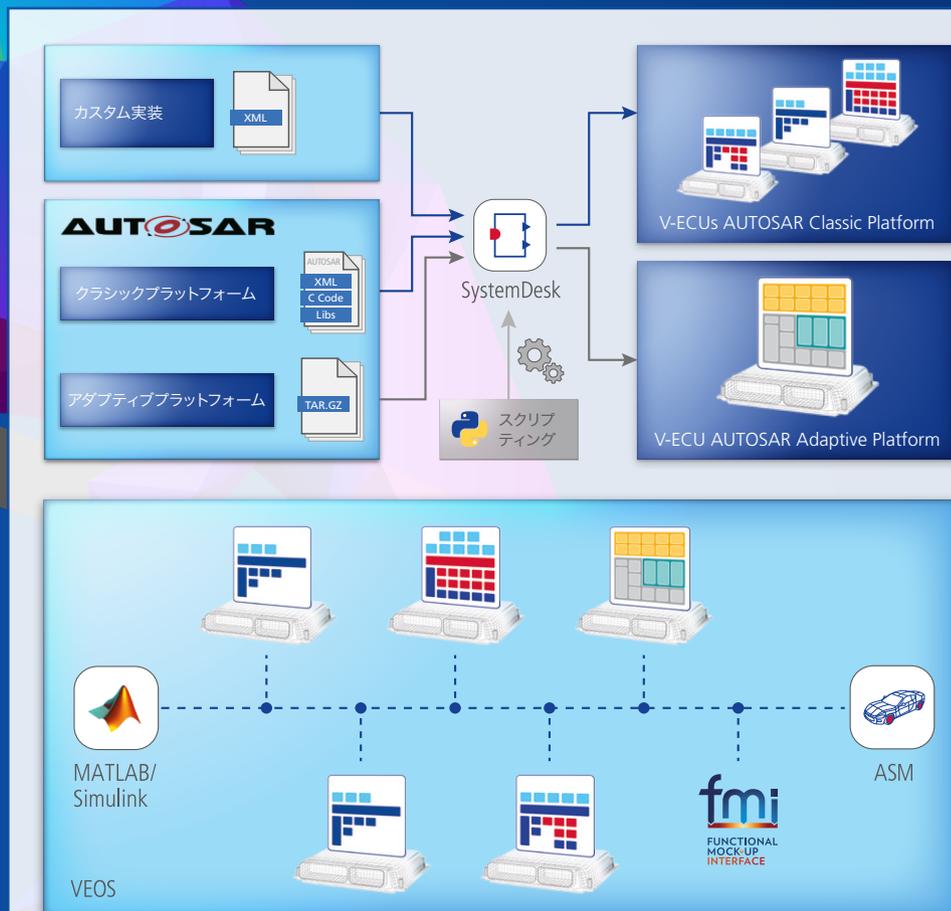
AUTOSAR に準拠してソフトウェアを生成

dSPACE では、AUTOSAR 記述ベースの ECU ソフトウェアコンポーネントを容易に統合することができるオーサリングおよびシステム生成ツールである SystemDesk を提供しています。SystemDesk を使用すると、機能コードを用いたアプリケーションソフトウェアの個々のコンポーネントや、必要なすべての AUTOSAR ベーシックソフトウェアモジュールを含む完全なコードなど、あらゆるものを統合することができます。さらに、特にシミュレーション向けにオペレーティングシステムを設定したり生成したりすることも可能です。これにより、オペレーティングシステムの各種タスクの設定に至るまで、ECU の挙動を正確

にシミュレートすることができます。また、まだ未入手のベーシックソフトウェアを生成（または外部から供給されたモジュールを統合）して、それを車載 Ethernet などのバスシステムのシミュレーション環境に接続することもできます。

サービスベースの通信

AUTOSAR Classic Platform は現在、極めて効率的な制御ユニット向けのソフトウェアを開発するのに最適なツールですが、高度な自動運転や自律走行には、異なるフレームワーク条件が求められます。このような特定の使用事例では、機能間の通信仕様が技術的にあらかじめ定義されておらず、そのためランタイム環境 (RTE) の生成コードに統合されません。ここでは、通信対象者のみが指定され、制御ユニットの起動後のみ、実際の通信接続が確立されるよう定義されています。この場合、車両が販売された後でも、無線接続によって個々の機能を更新したり、新しい機能を後で追加したりすることができます（無線アップデート）。必要なソフトウェアアーキテクチャの記述は、AUTOSAR Adaptive Platform を



上：SystemDesk を使用して、AUTOSAR Adaptive Platform および Classic Platform 向けのアプリケーションソフトウェアをバーチャル ECU (V-ECU) 上で統合します。

下：複雑度の異なる V-ECU をプラントモデル (MATLAB®/Simulink®, ASM : Automotive Simulation Models) と組み合わせて VEOS でシミュレートします。

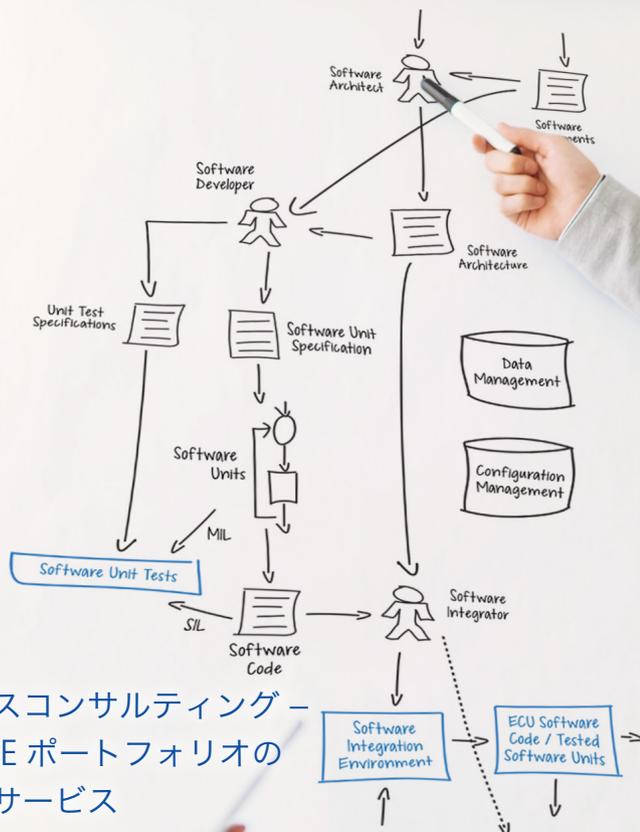
使用して行われます。この点が、Classic Platform とは特に異なる点です。ただし、一部の構造はまだ残されています。たとえば、プラットフォームはアプリケーションレイヤーとベーシックサービスに分割されているため、ECU ごとに提供する必要があるため、標準化されたインターフェースを提供するオペレーティングシステム (POSIX : Portable Operating System Interface) があるため、ハードウェアインターフェースからも独立しています。

AUTOSAR ベースのバーチャル ECU の妥当性を確認

V-ECU のいくつかを Classic Platform で開発し、それ以外を Adaptive Platform で開発したうえで、それらを環境モデルと組み合わせてシミュレーションしようとする、妥当性確認が困難になります。しかし、VEOS を使用すれば、両者を環境モデルと組み合わせてシミュレートしたり、Ethernet バスのシミュレーション環境を通じて相互の通信をルーティングしたりすることができます。また、関連する SIL (Software-in-the-Loop) アプローチは

dSPACE ツールチェーンを使用して、AUTOSAR Adaptive Platform 向けの効率的なソフトウェアを開発。

アルタイムプロセスからは分離されているため、あらゆる種類の V-ECU をすばやく開発したり統合したりできます。そのため、特に自律走行機能向けとして有効です。■



プロセスコンサルティング
dSPACE ポートフォリオの
新たなサービス

Efficient Processes —

Not by Coincidence

目標達成までの道筋はいくつも存在します。そして、回り道によって視野が広がることもあります。ただし、このようなトライアンドエラー型のアプローチでは、通常は時間とコストがかかり、リスクもより大きくなります。お客様が回り道をせずに車載ソフトウェアの開発やテスト向けの最適なプロセスを構築できるようにするために dSPACE が提供しているサービスについて、dSPACE プロセスコンサルティングの担当者である Jann-Eve Stavesand と Anne Geburzi が説明します。



Stavesandさん、プロセスコンサルティングとは何なのか、そしてdSPACEが新たな取り組みとしてこのようなサービスを提供している理由を教えてください。

Stavesand：手短かに言えば、プロセスコンサルティングとは、開発および妥当性確認プロセスを最適化する方法や、新しい要件に合わせてそれらを変更または設計し直す方法について、当社がお客様にアドバイスするサービスです。また、その際に、当社の製品に依存しない付加的なサービスとしてコンサルティングを提供すべきと考えているからです。つまり、当社では、自社の製品やツールチェーンに関してお客様に助言するだけでなく、お客様のツール環境全体を考慮することに努めています。もちろん、他のサプライヤのスペシャリストは、自社のツールに関しては詳細な質問に回答できますが、その他には言及しません。しかし、当社では状況をより総合的に判断したうえで、ツールに依存しないプロセス設計についてもエキスパートとして助言しています。

なぜdSPACEがこの今の時期にプロセスコンサルティングを提供し始めたのでしょうか。

Stavesand：これまで、当社はお客様から何度もご要望をいただけてきました。これらのお客様は、プロセスの最適化に際し当社の経験とノウハウを利用したいと明確に考えており、当社をプロセスアーキテクチャの総合設計パートナーと捉えています。そのため、当社は、今こそが新しいdSPACEプロセスコンサルティングサービスを提供してお客様のご要望に応える適切な時期だと判断しました。私達がある

>>



図1：Jann-Eve StavesandとAnne Geburziが、dSPACEポートフォリオに追加された最も新しいサービスであるdSPACEプロセスコンサルティングについて説明します。



図2：dSPACEの評価モデル - 現状の詳細な分析に基づいて、あらゆる助言を行います。

大手自動車サプライヤにお会いした時のエピソードをご紹介します。その話し合いでは、さまざまなソフトウェアおよびハードウェア製品の相互作用の問題が取り上げられました。そのお客様のツール環境について興味深い議論を何度か行った後、最後に担当者の方が、「それについてすべてご存知なのですね。でしたら、ぜひ御社から総合的なアドバイスをお願いできればと思います。そうすれば、全体像を把握するために、すべてのツールメーカーに個別に連絡を取る必要がなくなりますので。」と私達に仰ったのです。このようなご依頼は近年ますます多くなっています。そのため、当社では、dSPACE プロセスコンサルティングの提供を通じてこうした顧客ニーズに応えようと考えたのです。

Geburzi さん、お客様が dSPACE プロセスコンサルティングサービスを利用する動機は特に何でしょうか。

Geburzi：一般的な動機は、自動運転機能の開発、仮想的なテスト手法の使用の増加、プロセスの迅速化に対する要求といった新しい課題に対応する場合や、ISO

26262 などの規格への準拠が必要な場合などです。このような場合、既存のプロセスでは適切に対応できないケースが増えます。また、現状、どの分野を見ても、プロセスの複雑度は一般に増大しています。このため、お客様には、通常のプロセスから離れ、単純な再編から始めてアジャイル開発にまで展開したり、完全に新しいプロセスを設計したりといった、新たな取り組みが必要になります。さらに、よくある理由として、日常の業務が忙しく、詳細な知識の習得および最適なプロセス設計のコンセプト開発の時間を節約するために、当社のサービスを利用するお客様も多くなります。

一般的なコンサルティングプロジェクトの進め方の例を教えてください。

Stavesand：一般的に、業務の内容と範囲はプロジェクトごとに固有であるため、プロセスはそれぞれ異なります。ただし、大半のコンサルティングプロジェクトは、現場でプロジェクトの全関係者と直接会話して初期評価を行うことから始まります。次に、現在の状況に開発目標を紐付

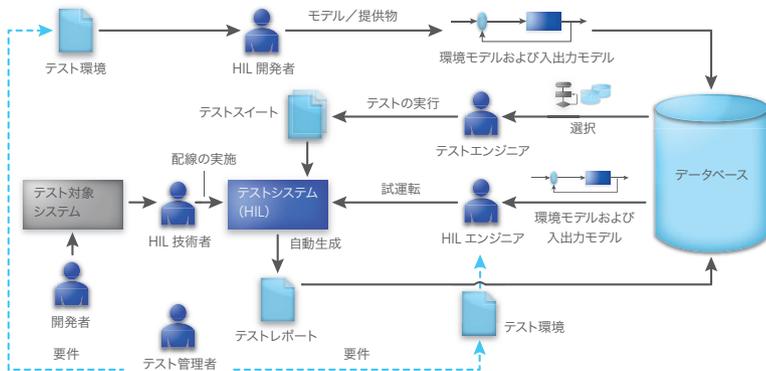
けます。ここでは、既存のツールチェーンのほかに、割り当てられた役割、指定された要件、および類似したプロセスのベストプラクティスも考慮します。そして、これらすべての情報を考慮しながら改善できる箇所を特定し、プロセスの拡張や再編成のコンセプトを導き出します。提案された対策をお客様が導入した後は、有識者の評価を用いて、お客様に納得いただくことが重要となります。

具体的にどのようなケースでお客様に助言を行うのですか。

Geburzi：当社では、ISO 26262 に準拠したセーフティクリティカルな機能向けの新しい開発プロセスの設計に関するサポート（安全マニュアルなどのドキュメント作成を含む）について、多くのご依頼を受けています。ADAS¹⁾ の場合、確立されたプロセスの再構築や、必要な場合はまったく新しいプロセスの開発に関わるサポートも提供します。モデルベース開発や AUTOSAR 規格への準拠、アジャイルアプローチに関しては、それらのテクノロジーや手法の利点を評価し、お客様のプロセ

dSPACE Process Consulting では、開発中に変化する要件やライフサイクルに追加される機能に対応するためのアジャイル開発の導入に関するコンサルティングやサポートも提供しています。

ワークフロー(実装や実行など)



スに導入することも大きな役割となります。たとえば、SIL や HIL²⁾ などの仮想的なテスト手法を導入する際の課題の1つは、テストをより行いやすくするため設計時に配慮することです。つまり、ハードウェアとソフトウェアを開発する際には、妥当性確認および検証プロセスをシステム設計ベースで考慮する必要があります。また、開発および検証プロセスにおいて、極めて大容量のデータを管理できるようにすることもますます重要になっています。ただし、総合的な統合ツールソリューションは多くの場合、まだ提供されていないのです。

確かに、これらはすべて dSPACE がソフトウェア開発で経験済みの分野ですが、これらの分野のコンサルタントとして dSPACE に求められることは何でしょうか。

Stavesand： 社はこれらすべての分野で、既存のノウハウだけでなく、世界中の多くの企業とのさまざまなエンジニアリングプロジェクトを通じて培った長年の経験を活用することができます。当社は、さまざまな業界や企業のベストプラクティスを経験しているため、最適かつ実用的なソリューションを個別のお客様と協力しながら開発することができます。

スペシャリストであるお客様はそのニーズに特化したプロセスをすでに確立している傾向があるという事実を考慮した場合、dSPACE のプロセス設計の進め方はどうあるべきでしょうか。

Geburzi： ヘンリーフォードの「同じことをしていたら、同じものしか手に入らない。」という言葉を引用させていただきます。多くのお客様には、すでに確立されたプロセスがあること自体が、当社に助言を求める理由となります。プロセスが確立されると、それが単純に時代遅れになったり、新しいチャレンジにフィットしなくなる可能性があります。また、IT 部門や安全管理者、一般的な規格や規定、または全社的な決定によって、新しい外部要件が頻繁にプロセスに導入されるため、各専門家がプロセスのすべての側面に対応できなくなってきます。そのため、既存のプロセスをベースにしつつ、新しい要件に確実に対応できるよう個別の調整を行う必要が生じます。さらに、すべての対策についてお客様の社内

周知し調整を図る必要があります。これが、プロセスコンサルタントとしての当社の存在理由です。このような場合、当社を活用すれば、当社を通じてさまざまな分野を結び付けることができるのです。

Geburzi さん、Stavesand さん、インタビューにご協力いただきありがとうございます。

¹⁾ 先進運転支援システム (編集者の注記)

²⁾ Software-in-the-Loop, Hardware-in-the-Loop (編集者の注記)

Anne Geburzi
シニアプロセスコンサルタント、dSPACE



Jann-Eve Stavesand
プロセスコンサルティングのチームリーダー、dSPACE



拡張を続ける SCALEXIO システム

dSPACE SCALEXIO システムの製品ポートフォリオは継続的に拡大しています。dSPACE Release 2018-B では、さらに小型化したバージョンの SCALEXIO LabBox と、アナログ信号生成および Ethernet 通信向けの新しい SCALEXIO I/O ボードが発表されました。SCALEXIO を使用すると、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) のいずれのアプリケーションにも対応できます。

SCALEXIO LabBox (8 スロット)

SCALEXIO LabBox に、スロットを 8 つ備えた小型バージョンが追加されました。そのうちの 7 つのスロットには、あらゆるタイプの SCALEXIO I/O ボードを接続できます。また、これら 7 つのスロットのうちの 5 つは、Ethernet またはフィールドバスインターフェースの統合などに対応した CompactPCI シリアルボードもサポートしています。8 つ目のスロットは、プロセッシングハードウェア用の予備システムスロットです。このスロットを使用すると、DS6001 Processor Board または DS6051 IOCNET Router に接続するこ

とができ、これにより、SCALEXIO プロセッサユニットを外部プロセッサユニットとして機能させることができます。新しい SCALEXIO LabBox は、設置面積が小さく、14 インチノートブックと同程度であるため、どのようなデスクスペースでも使用できます。そのため、機能開発者は、いつでもテストシステムに手の届く場所で作業を行うことができます。また、狭幅の LabBox を 2 台接続して 19 インチラックに設置することもできます。マルチプロセッサシステムには DS6001 Processor Board がそれぞれ搭載されているため、スペース

を節約しながらも、演算負荷の高い用途にすばやく対応することができます。



多数の D/A チャンネル

新しい DS6241 D/A Board は、SCALEXIO LabBox と SCALEXIO ラックシステムのいずれでも使用することができます。20 個のアナログチャンネルを備えたこのボードは、アクチュエータ制御信号を生成したり、センサをシミュレートしたりする場合に最適です。また、アナログ波形テーブルの再

生を、静電圧だけでなく時間と角度に基づいて行うことができます。さらに、他のすべての SCALEXIO ボードと同様、dSPACE ConfigurationDesk を使用してチャンネルをグラフィカルに設定できます。



車載 Ethernet をサポート

dSPACE は、SCALEXIO で車載 Ethernet を使用するための次の 2 つの新しいボードを発表しました。

- DS6333-CS Automotive Ethernet Board : DS6001 Processor Board と共に SCALEXIO LabBox で使用します。
- DS6333-PE Automotive Ethernet Board : SCALEXIO プロセッサユニットに接続して使用します。

これらの車載 Ethernet ボードのいずれにも固定の標準 Ethernet ポートと 4 つの追加ポートが用意されており、使

用するモジュールに応じて BroadReach (100/1000 MBit/s) または標準 Ethernet (10/100/1000 MBit/s) で使用することができます。

また、設定可能な統合ネットワークスイッチと 4 つの内蔵 Ethernet コントローラも搭載しているため、幅広いアプリケーションをサポートできます。バイパス処理やシミュレータカップリングを行う場合は、より安価な DS6334-PE および DS6335-CS バージョンもご利用いただけます。 ■

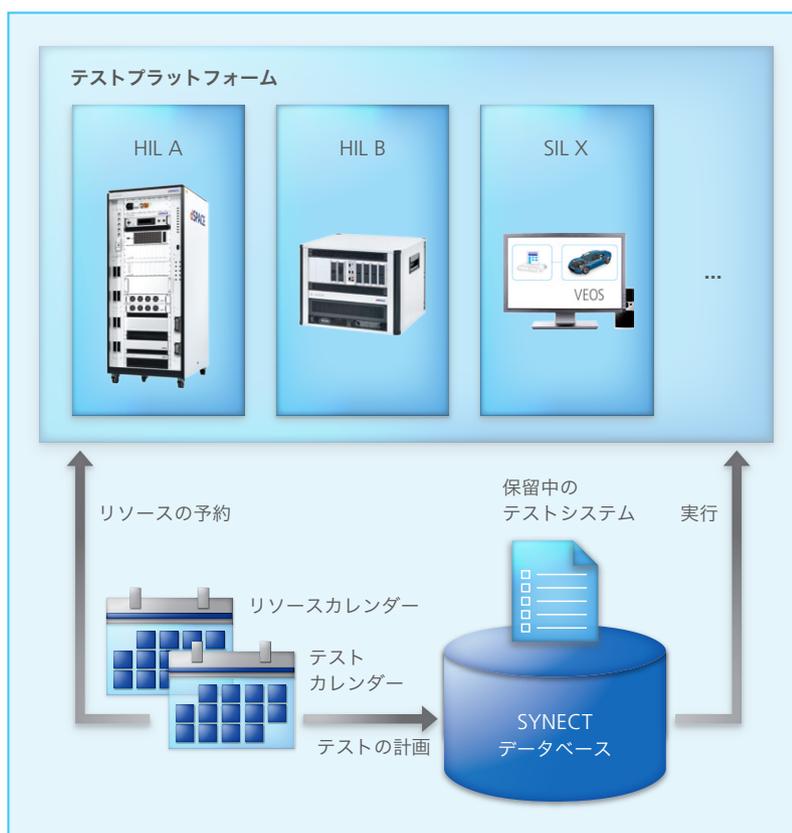


作業の効率化を SYNECT ベースの HIL テストオートメーションで実現

電子制御ユニットの開発や妥当性確認を効率的に行うためには、ご使用のテストシステムを最大限に活用できるかどうか課題となります。この課題を解決するうえでの1つの鍵となるのは、テストシステムの準備とテスト実行の両方を自動化するプロセスを構築することです。

dSPACE のデータ管理ソフトウェアである SYNECT は、これらのタスクに対応した強力なソリューションを提供しています。このソフトウェアでは、SIL (Software-in-the-Loop) および HIL (Hardware-in-the-Loop) プラットフォームで使用する妥当性確認用データを管理し、dSPACE AutomationDesk、Vector vTESTstudio/CANoe、NI TestStand などの幅広いテストオートメーションツールを直接サポートすることができます。また、リアルタイムアプリケーション、パラメータ設定、テストといった、テストの実行に必要なすべてのデータを自動的にテストシステムに供給することができます。さらに、その後の HIL システムの設定を高度に自動化することも可能です。新しいバージョン 2.6 では、サポート機能がより向上しており、効率的なテストを実現できます。SYNECT には、テストの成果物や使用可能なテストシステムのリストを格納することができ、これらをテストのスケジューリングに利用できます。また、将来的にはテストの自動化、システムの再設定、一般的なメンテナンス作業など、さま

ざまなタスクに対してテストシステムをカレンダービューから予約することも可能になります。この予約情報は、その後のテストスケジューリング時にも考慮されます。 ■

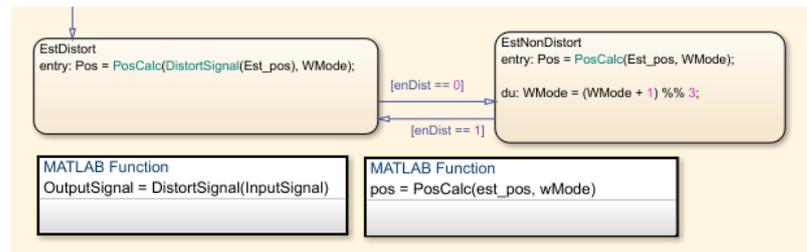


TargetLink : Simulink モデルの MATLAB コードをサポート

Simulink® モデルでアルゴリズムおよび挙動を記述する際には、MATLAB® コードの使用が望ましい場合があります。TargetLink では、MATLAB コード用の新しい TargetLink モジュールにより、このようなモデリングプロセスをサポートしています。dSPACE GmbH および MathWorks 社は、これを実現するために、TargetLink による Simulink モデル内の特定の MATLAB コードのサポートに関するライセンス契約を結びました。これにより、量産コード開発者は、MATLAB Function ブロックや Stateflow® の MATLAB 関数などを介して、Simulink モデル内の MATLAB コードで記述された制御機能から極めて効率的な TargetLink の量産 C コードを直接生成できるようになりました。したがって、TargetLink でモデリング

する場合、開発者はあらかじめ用意されたブロックとステートマシンに加え、さらにもう 1 種類のリソースを利用することができます。TargetLink Module for MATLAB Code は、TargetLink の最適化とカスタマイズに関するすべての領域をサポートし

ます。この新しいオプションモジュールは、dSPACE Release 2018-B と TargetLink 4.4 で利用できます。■



TargetLink ユーザは、MATLAB コード用の新しい TargetLink モジュールを使用して、Simulink モデル構造 (この場合は Stateflow チャート内) の MATLAB コードから量産コードを生成することができます。

Embedded SPU により、車載プロトタイピング向けの製品ポートフォリオを拡大

dSPACE は、MicroAutoBox Embedded SPU (Sensor Processing Unit) を発表しました。これにより、当社はマルチセンサアプリケーションの車載プロトタイピング向け製品ポートフォリオを拡充し、お客様はコンパクトでありながら強力なソリューションを実現することができます。MicroAutoBox Embedded PC および Embedded DSU (Data Storage Unit) に続く Sensor Processing Unit は、主に複雑な運転支援システムや自動運転機能に取り組む開発者のニーズに合わせて開発された第 3 の製品です。この製品は、NVIDIA® 社の統合 GPU を搭載した 6 コア CPU による高い演算処理能力、車載ネットワークや環境センサ向けのインターフェース、および車載用の極めて小型かつ堅牢な設計を組み合わせることで搭載しており、非常にユニークな製品となっています。ま

た、マルチセンサシステム向けのグラフィカルな開発環境である RTMaps を使用すれば、Sensor Processing Unit 上で認知、融合、およびアプリケーションアルゴリズムを迅速かつ容易に実装することができます。■



dSPACE on Board

dSPACE の開発ツールを使用することで実現した、革新的かつ興味深い事例をご紹介します。

無人オートバイ

BMW 社では、運転支援システムを通じて電動二輪車をより安全かつ刺激的に運転できるようにするため、無人オートバイを使用して走行ダイナミクスに関する知識を収集しています。これは、オートバイを将来のネットワーク化された道路交通に適切に参加させるためのベースにもなっています。R1200GS のサイドケースには MicroAutoBox が収容されており、自動運転機能が確実に動作するようにしています。



画像提供：© CARJAM TV

このビデオでは、無人オートバイが転倒せずに自動的に加速、ブレーキ、コーナリング操作を行う様子をご覧ください。

www.dspace.jp/go/dMag_20191_BMW



MicroAutoBox を使用すると、技術革新をオートバイにすばやく実装し、路上で体験できます。

故障したセンサでも安全

VEDECOM (VÉhicule DÉcarboné COmmuniquant et sa Mobilité) では、特にセンサが故障した場合の自動運転車両の挙動について調査しています。研究者達は、車両の縦方向のダイナミクスに対してもフォールトトレラントな制御方式の開発に取り組んでいます。VEDECOM では、潜在的な故障を検出して車両を安全な状態に保つことを目指しています。アルゴリズムの開発と実装には、RTMaps と MicroAutoBox が使用されています。



画像提供：© VEDECOM

テスト車両を使用して、フォールトトレラントなアルゴリズムのパフォーマンスを実証しています。

www.dspace.com/go/dMag_20191_VED



フォールトトレラントな制御方式は、リアルタイムソフトウェアである RTMap でテストされ、MicroAutoBox を搭載した車両に実装されています。

アクティブサウンドジェネレータ

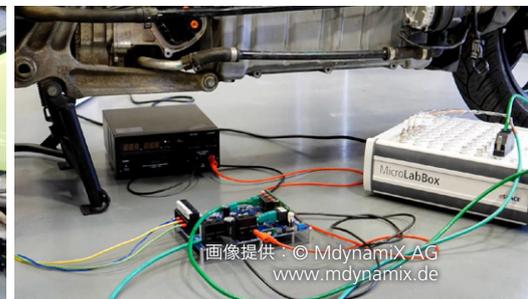
MdynamiX AG では、音によってより安全性を高めたり、感動を与えたりすることができる電気自動車の実現に向けて、車両に搭載したモーターを使用して目的のサウンドを発生させることに取り組んでいます。また、より響き渡る心地よい内燃エンジンの音を出すことや、選択操作で車内の不快な騒音の低減を図ることも目標としています。ラボでの調整作業において、MicroLabBox が積極的に活用されています。



画像提供：© MdynamiX AG

モーターを利用して目的のサウンドを生成することにより、従来の車両や電気自動車の新しい適用分野が生まれています。

www.dspace.jp/go/dMag_20191_Sound



画像提供：© MdynamiX AG
www.mdynamix.de

このビデオでは、MicroLabBox を使用した、モーターによる音の形成に関する研究の概要をご覧ください。



これらの事例の詳細については、下記のサイトで動画や画像、レポート記事を参照してください。

www.dspace.jp/go/dMag_20191_REF_J



出典 © ヤンマー株式会社

ヤンマーの挑戦を SCALEXIOが支えている



農業機械の先端技術で、いかに生産性拡大と省力化を進めるか。豊かな社会づくりをめざし、ヤンマーは次世代の農業機械の開発に挑戦しています。それを支えているのが、dSPACE HIL (Hardware-in-the-Loop) システムです。最新のHILシステム「SCALEXIO」と、ハードウェア入出力が標準化されたマスターI/Oラックの活用により、トラクタやコンバインなど同社が製造する多様な農業用車両のテストに柔軟に対応しています。また、dSPACE AutomationDeskによる自動テスト環境の整備によりテストを短期間で効率的に実施し、ECUソフトウェアの品質のさらなる向上を実現しています。

dSPACEはこれからも、ヤンマーの挑戦をサポートします。

Embedded Success **dSPACE**

dSPACE Japan株式会社 [東京本社] 〒140-0001 東京都品川区北品川4-7-35 御殿山トラストタワー10F Tel.: 03-5798-5460
[中部支店] 〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅4-5-28 桜通豊田ビル9F Tel.: 052-856-7700
[北関東営業所] 〒321-0953 栃木県宇都宮市東宿郷3-1-7 メットライフ宇都宮ビル2F Tel.: 028-346-5500
[西日本営業所] 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原4-1-9 新大阪フロントビル9F Tel.: 06-6396-1900