

# dSPACE MAGAZINE

1/2018

## P3社

自動運転機能の開発に対応した  
柔軟なテストプラットフォーム | Page 18

**Daimler社** – 360°シミュレータを使用した現実的なテスト  
ドライブにより、実走行までの期間を短縮 | Page 6

**FAW社** – AUTOSARに準拠した効率性の高い電気自動車の  
開発 | Page 10

## 自動電気自動車のミッション

e.GO Mover は汎用的な拡張や利用が可能なミニバスであり、乗客の輸送だけでなく、個人や企業の貨物運送向けに設計することも可能です。ドイツのアーヘンを拠点とする電気自動車のベンチャー企業である e.GO Mobile AG が開発したこの電動ミニバスは、都市交通用に設計されており、完全電動化と高度な自動化を実現しています。これにより、アプリベースの都市向けモビリティソリューションの提供や、都市部における交通の簡素化が可能になっています。e.GO Mover では、ドライバーによる手動操縦と高度な自動運転の両方をサポートしているため、都市型のモビリティコンセプトへのスムーズな統合が可能です。合併事業である e.GO Moove において、開発者は dSPACE の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 を使用して、推進、回生、および電動パワーステアリング (EPS) 制御などの車両の各種機能や高度な自動運転向けのアクチュエータの開発を行っています。そのため、ターゲットハードウェアをまだ入手できない早期の段階でも運転機能の開発やテストを行うことができます。



「当社では、e.GO Mover のプロトタイプ車両に dSPACE MicroAutoBox を使用することにより、高度な自動運転のコア機能の開発やアクチュエータの制御を行っています。」

David Will 氏、自動運転担当シニアマネージャ、e.GO Mobile AG

「今こそ、dSPACE の新時代の  
幕開けにふさわしい時です。」



長年に渡り、私は dSPACE Magazine のために小さな記事を毎号書いてきましたが、本記事で私が寄稿する最後の社長挨拶となります。なぜなら、当社の経営は新しい有能な人材である Martin Goetzeler に引き継がれるからです。彼は 3 月 1 日より、当社の CEO を務めており、2018 年の終わりまでは、共に会社を運営します。その後は、Martin が dSPACE GmbH および dSPACE グループの現地法人の唯一の CEO となります。Hanselmann ファミリーは引き続き dSPACE のオーナーを務め、私は、役割が変わるものの当社に勤める予定です。

dSPACE は今年で創業 30 年になりました。私は制御システムおよび電気エンジニアとしての経歴と、ソフトウェアへの強い関心のもとに、1987 年に当社を設立しました。

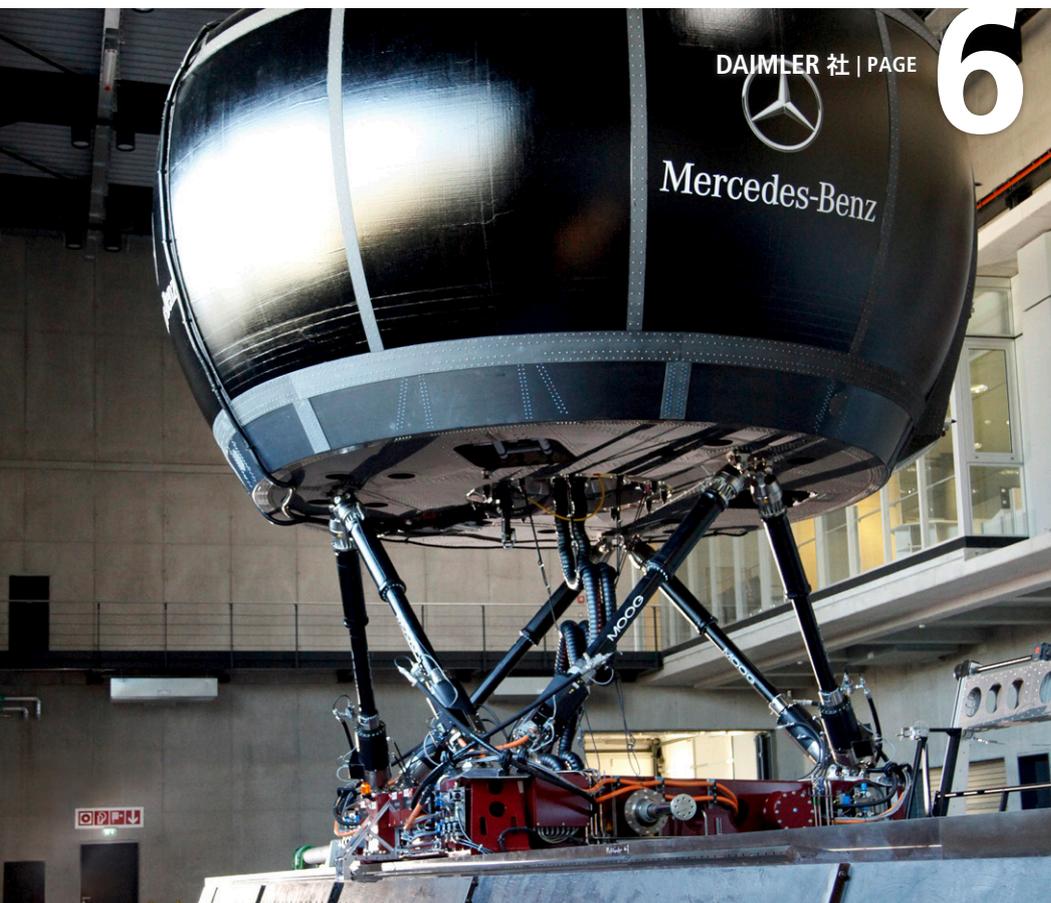
大学の 3 人の後輩達とチームを組み、事業計画書の作成や資金調達先を探しました。そして成功を収めました。ノルトライン＝ヴェストファーレン州は、私たちに資金を援助し、銀行も融資を認めてくれました。その後に続く出来事をすべて把握するのは、私でも容易ではありません。経済危機の年であった 2009 年における一時的な問題を除けば、当社はいつも前進あるのみで、業績も常に向上ぎでした。創業当初、私たちがどれくらい成功を収めるのかを想像することはできませんでしたが、この成長もまだ続いていくでしょう。私たちのビジネ

スは好調です。しかし、当社がツールを提供している業界におけるテクノロジーやアプリケーションの変化は劇的であり、当社がいくつかの大きな課題に取り組む必要があることも認識しています。つまり、これは dSPACE が次なる発展段階に入るための良い機会なのだと思います。あと数年、私は現在の立場にとどまることもできました。しかし、まだ差し迫った必要性がない今こそ、変化を与える方が良いと考えます。これは私たちが受身になるのではなく、積極的に行動するチャンスなのです。

Martin Goetzeler に技術関連の学位はありません。しかし、dSPACE には、彼が協力を求めることができる、そして求めるであろう多数の優れたエンジニアや技術者で構成されたチームを既に持っています。彼の強みは、非常に大規模から小規模までのハイテク分野のテクノロジー企業における長年の CEO としての経験です。これは、まさに dSPACE が成長を維持するうえで必要な資質です。Martin がお客様との関係を非常に重視していることは知っています。私たちは既に一緒にお客様を訪問し、これからもより多くのお客様に Martin と個人的に知り合う機会をつくりたいです。私は、当社の将来的な発展とお客様との良好な協力関係の継続を期待しています。

Dr. Herbert Hanselmann

Herbert Hanselmann へのインタビューの詳細と dSPACE における 30 年間の回顧については、52 ページを参照してください。



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,  
Michael Lagemann, Ralf Lieberwirth,  
Lena Mellwig, Dr. Gerhard Reiß,  
Patrick Pohnsberg, Sonja Ziegert

協力 : Alicia Garrison, Matthias Deter,  
Gregor Hordys, Radoslaw Lapko,  
Björn Müller, Tobias Schaeffer, Tino Schulze

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 : Dean Burton

© Copyright 2018

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](http://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



TULA 社 | PAGE

26



ZF 社 | PAGE

36

## 3 社長挨拶

### お客様の事例

#### 6 Daimler社

##### Flexible Test Track

六脚型360°ドライビングシミュレータを使用した再現可能な条件での新たなドライビングコンセプトのテスト

#### 10 FAW社

##### Excellence as a Standard

AUTOSARベースの開発環境により、未来の電気自動車およびハイブリッド車を実現

#### 14 ACENTISS社

##### Electric Take-Off

完全電動化した自律型航空機の開発

#### 18 P3社

##### Sensor-Based Driving

ADASおよび自動運転機能の開発

#### 26 Tula社

##### Faster Engine Validation

仮想検証により、妥当性確認および検証作業に要する時間を半減

#### 30 ミュンヘン工科大学

##### Quick Start

2.6秒で0回転から30,000回転に到達

#### 36 ZF社

##### Virtual Torque

テストドライブと実負荷のシミュレートにより、ZF社のドライブトレインをテスト

## dSPACE 製品

#### 40 RTMaps

##### Where Am I?

SLAMアルゴリズムを利用した環境認識

#### 44 電気自動車

##### Energizing the Future

電気自動車用アプリケーションの開発、テスト、およびシミュレーションに対応するソリューション

#### 48 車載Ethernet

##### Not Your Average Bus

dSPACEツールチェーンにおける車載Ethernet

## ビジネス

#### 52 インタビュー

##### Leaving on a High Note

dSPACEのCEOとしての30年を回顧

## ニュース

#### 56 第2世代AURIX™に対応した安全関連機能の開発

#### 56 dSPACEツールチェーンにおけるPython 3

#### 57 MotionDesk – 現実的な照明条件をビジュアル表示

#### 58 ConfigurationDeskおよびBus Manager - RCPおよびHILアプリケーションのさらなる効率化を実現

## dSPACE on Board

#### 59 BMW社：プライベートパイロット

ドイツ航空宇宙センター：宇宙でのトマト栽培

Virtual Vehicle 研究センター：自動運転向けのデモ車両





# Flexible Test Track

六脚型 360°ドライビングシミュレータ  
を使用した再現可能な条件での新たな  
ドライビングコンセプトのテスト

Daimler AG では、シャシ、ビークルダイナミクスコントローラ、および先進運転支援システムのコンセプトを見極め、その妥当性を確認するため、道路上でのテストドライブに加えてドライビングシミュレータを利用しています。その最大の利点は、テストドライバーと実車をまさに操作の中心にしてテストを行えることです。

**複** 雑なビークルダイナミクスのテストに使用されている Daimler 社製の 360°ドライビングシミュレータは、ジンデルフィンゲンにある巨大な工場の作業場を占拠しています。このシミュレータは 6 本もの脚を備え、乗用車全体をすっぽりと包み込むことができます。ヘキサポッド（六脚型のプラットフォーム）には、旋回可能なドームが取り付けられています。電気機械式スピンドルアクチュエータで構成された 6 本の脚は、協調的な伸縮運動を行うことで、ドームをさまざまな位置に動かせるようになっています。このシミュレータは、レールとヘキサポッドの動きを組み合わせることにより、あらゆる運転状況を可能な限り現実的に再現することができます。モーションシステムダイナミクスは、基本的にビークルダイナミクスの調査要件に基づいて設計されており、車両の限界範囲の動きにまで対応することが可能です。

#### 現実的な運転状況

モーションシステムによって加速力をシミュレートする場合、車両の連続的な動きが画像生成システムを通じてビジュアル表示されます。これにより、ドライバーは現実的な運転状況を体験することができます。ここでは、複数のプロジェクトにより、ドーム内のドライバーに対し 360°の視界が作り出されています。ドーム内の車両は、サイドミラーの代わりにデジタルディスプレイを備えており、これにより仮想的なリアビューが表示されます。このシミュレータでは、画像、トラフィックシミュレーションソフトウェア、および複雑なサウンドシステムを組み合わせることで、運転状況や運転操作全体を総体的かつ現実的に再現することができます。

#### 中央制御システム

アクセルやブレーキペダルの操作、ステアリングなど、ドライバーのあらゆる運転操

作は、車両の動きを計算するコンピュータシステムにリアルタイムに転送され、関連するコマンドがドライビングシミュレータの電子機器へと送信されます。モーションシステムは計算した車両の動きをドームに送信し、ドームではバーチャルビークルが実際の道路で走行しているかのように動作します。そのため、制動時には前方への揺れが発生し、加速時にはドライバーの体の圧力がシート側にかかります。また、高速でのコーナリング時にはドライバーが遠心力を体感することができます。車両の室内は通常、推進装置やホイールサスペンションを取り外した量産車のものであり、操作は実車と同じです。ドライバーがステアリングホイールを操作すると、アクチュエータが車両モデルによって計算されたフィードバック荷重をステアリングホイールに設定します [1]。

#### 車両シミュレーションの要件

車両モデルはドライバー入力を受信し、車両の動きをリアルタイムにシミュレートします。ドライビングシミュレータには、シャシ、ビークルダイナミクスコントローラ、および運転支援システムのさまざまな要件を満たすための多様なシミュレーションプログラムが実装されており、柔軟性の高いインターフェースが搭載されています。そのため、異なるプログラムで動作する車両モデルを接続することも可能です [1]。ビークルダイナミクスのテストでは、車両の動作を極限まで再現することが重要であり、車両モデルではシャシを可能な限り正確かつ容易にシミュレートできなければなりません。そのため、シミュレータに適用される車両モデルの大半には構造部品や取り付け部品が使用されておらず、モデルはルックアップテーブルで記述されてい

>>

画像生成システムによってドーム内に現実的な視覚表示を作り出し、モーションシステムで制動時やコーナリングなどの際に発生する加速力を生成します。



ます。これにより、リアルタイムで挙動するモデルを提供しつつ、十分な精度を実現することができます。

### バーチャルピークルのセットアップ

Daimler AG では 2013 年以降、ドライビングシミュレータで使用されるリアルタイム対応モデルとして dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) ツールスイートを使用し、シャシの先行開発の段階で乗用車の操作特性を評価しています。ドライビングシミュレータを使用すると、シャシ設計における横方向のダイナミクスに関する走行動作を主観的に評価することができます。同社では、ドライビングシミュレータのオペレーティングシステムを継続的に開発し、ASM モデルの機能強化を図ったことにより、テスト範囲が拡大しました。これまでに、次のテストが可能になりました。

#### ■ 横方向のダイナミクスに関するサスペンションの調整

ASM モデルでは、シャシシステムのスプリング、スタビライザ、およびダンパの特性を指定することができます。こうした特

性を調整する場合、運動性能、ヨー運動、ステアリング操作などの主観的基準に基づいて、モデルパラメータを変化させます。これにより、開発試作車両がまだ入手できない早期の段階においても、操作特性を評価し最適化することができます。

#### ■ さまざまなシャシシステムを主観的に比較

同社では、サスペンションシステムおよびダンピングシステムがピークルダイナミクスや走行性能に与える影響に加え、運動、適合性、積載条件、およびタイヤの影響も調査しています。ドライビングシミュレータを使用すると、感度分析の実施により、自動操縦に対するブッシュ剛性の影響などを確認することができます。この分析は、サスペンションのコンセプトを開発する場合に有用なだけでなく、実車によるテストドライブにも活用できます。また、実車ではシャシパラメータの調整は多大な労力をかけないと変更できませんが、ASM モデルではルックアップテーブルや数値を変更または置換するだけで、それらを容易に変更することができます。さらに、

テスト担当者はさまざまなタイプのシャシの比較や評価をテストを中断せずに行えます。そのため、モデルパラメータを単に置き換えるだけでテストをより効率的に実行できます。

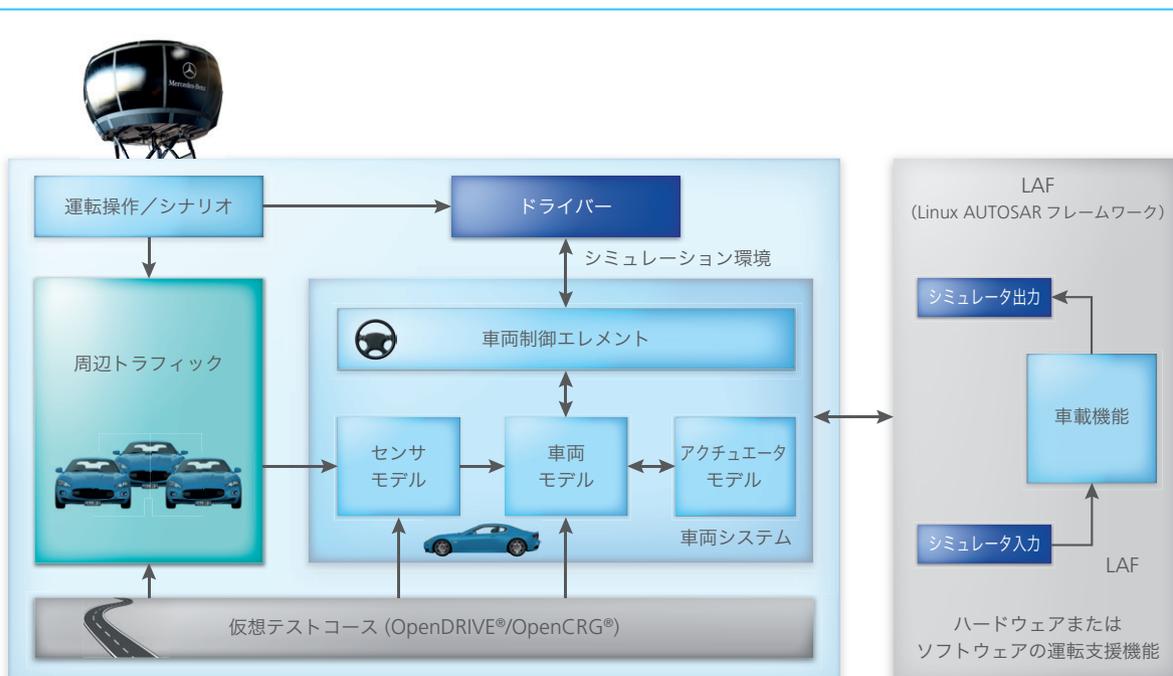
#### ■ 特定の運転操作時のドライバーの反応を記録

オフラインシミュレーションによるクローズドループでの運転操作では、ドライバーの挙動を正確にモデリングすることは困難です。ドライビングシミュレータには、テスト中にステアリングホイールの角度やアクセルおよびブレーキペダルの位置など、ドライバー入力を記録するオプションが用意されています。これにより、記録したデータを基にドライバーモデルを最適化することができます。

#### ■ 新しいシャシ機能の評価

ドライビングシミュレータを使用すると、運転時の快適性とピークルダイナミクスの向上を実現する革新的なシャシシステムに関する新しいアイデアやコンセプトを、コンポーネントの設計や試作車両のセット

ヘキサポッドを制御するためのシミュレーション環境の構成図。ピークルダイナミクスの実装には、ASM ツールスイートが使用されました。





ASM ツールスイートでシミュレートしたステップステアリング操作において、2つの異なるシャシタイプの車両の挙動を重ね合わせた表示。次のサイトで運転操作の動画をご覧ください： [www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_steer](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_steer)

## 「シャシ開発の前段階に、乗用車の操作特性を評価するためのリアルタイム対応モデルとして、ASM を使用しています。」

Hans-Peter Schöner 博士、Daimler AG

アップなしで、車両開発の早期の段階からテストおよび評価することができます。そのため、新しいアイデアやコンセプトに対するお客様や専門家の評価を早期に取り入れ、継続的に開発することができます。

### マルチステージのテストドライブ

ドライビングシミュレータでのテストドライブは3段階で行います。最初に、既存のマルチボディシミュレーション (MBS) モデリングをリアルタイム対応の ASM モデルに転送します。次に、このモデルを固定ベースのシミュレータ、すなわちモーションシステムなしでテストし、すべてのバリエーションがあらゆる操作において数値的に安定しているかを検証します。その後、テストを実行します。テストでは、テスト参加者が2つの異なるシャシバリエーションを使用して連続的に運転操作を行ってから、2つのバリエーションを比較します。評価ではすべてのバリエーションが文書化されます。最後に、すべてのテスト結果を評価してまとめます。最高の評価を得たシャシバリエーションは、MBS モデルで再度シミュレートして、客観的な評価を行います。主観的評価とその感度は、車両コンポーネントや機能を開発する際の基準として利用することができます。

### まとめ

ドライビングシミュレータを使用することにより、自動車メーカーはさまざまな開発段階で車両をテストおよび評価することが

でき、将来的なモデル開発にかかる時間を大幅に短縮することが可能です。また、ビークルダイナミクスに関しても、運転操作、運転の快適性、および制御システムの介入を迅速かつ安全に評価することができます。 ■

Ruochen Yang 氏、Hans-Peter Schöner 博士、Daimler AG



ドライビングシミュレータの動作については、下記をご覧ください：  
[www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_FSIM](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_FSIM)

### 参考文献：

[1] Dr.-Ing. Hans-Peter Schöner: "Erprobung und Absicherung im dynamischen Fahrsimulator", 学会論文: SimVec - Simulation und Erprobung in der Fahrzeugentwicklung: Berechnung, Prüfstands- und Straßenversuch, Baden-Baden, Vol.: 17. Kongress (VDI), 2014年11月  
[www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_SimVec](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_SimVec)

### Hans-Peter Schöner 博士

運転シミュレーションおよびテスト手法担当  
シニアマネージャー、Daimler AG、ジンデルフィンゲン (ドイツ)



### Ruochen Yang 氏

車両モデルのセットアップおよびテスト実施  
責任者、Daimler AG、ジンデルフィンゲン (ドイツ)





First Automotive Works (FAW) では、AUTOSAR 規格に準拠した将来のモビリティコンセプトを開発しています。同社では、バーチャル ECU (V-ECU) だけでなく、プロトタイピングシステム MicroAutoBox II、量産コード生成ツール TargetLink、およびシステムアーキテクチャツール SystemDesk (すべて dSPACE 製) を使用することで、モデルベースおよび AUTOSAR ベースの新たな推進テクノロジーの実装に取り組んでいます。



AUTOSAR ベースの開発環境により、  
未来の電気自動車および  
ハイブリッド車を実現

# Excellence as a Standard

**F**AW 社では、AUTOSAR 準拠のコントローラソフトウェアを活用して、新しい電気自動車やハイブリッド車向けの電動およびハイブリッドモビリティコンセプトを開発しています。この目的のために、同社はプロトタイピングプロジェクトを立ち上げ、既存のコントローラモデルを AUTOSAR 準拠の形式に移行しました。この際には、ツールによる移行だけで

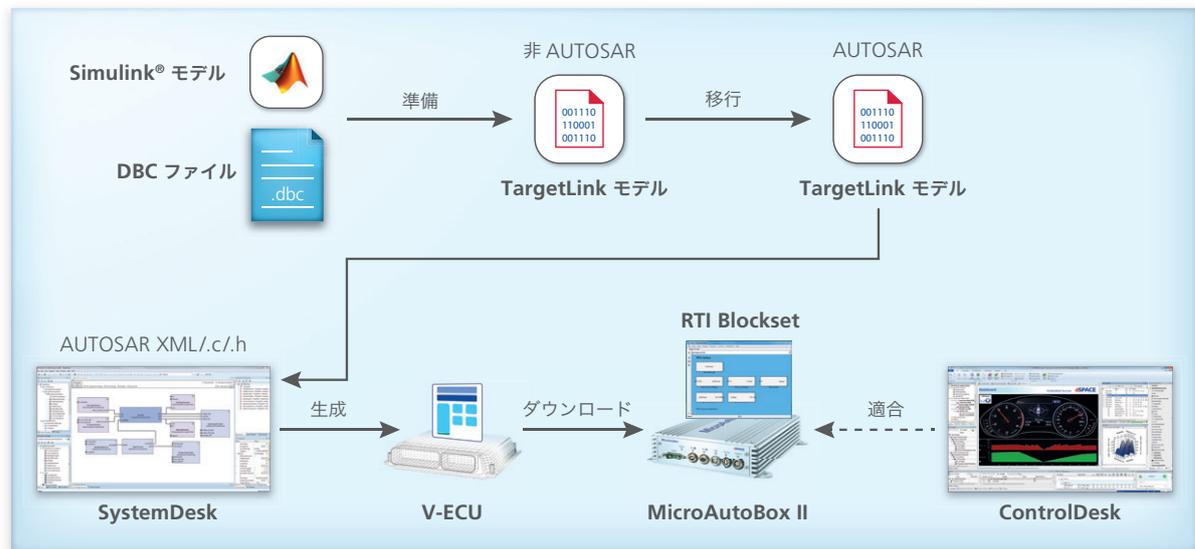
なく、ラピッドコントロールプロトタイピングによる新しい機能の車載テストも必要になりました。しかし、FAW 社が当初使用していたツールチェーンは AUTOSAR に準拠した開発環境向けには設計されていなかったため、たとえば、AUTOSAR 準拠のプロセス用に最適化された新しいツールを既存のツールチェーンに追加する場合などにおいて、移行のための変更

が多数必要となりました。

#### AUTOSAR への移行

FAW 社が AUTOSAR に準拠した開発環境に移行するうえでは、従来の非 AUTOSAR の開発プロジェクトで使用していた Simulink モデルと既存の通信記述ファイルがベースとなりました。同社の開発者は、AUTOSAR 準拠のソフ

>>



AUTOSARに準拠したECU向けのコントローラソフトウェアの移行プロセス。コントローラソフトウェアは、プロトタイピングシステムを使用して車載テストすることができます。

ソフトウェア構造を構築するため、dSPACE TargetLinkおよび複数のTargetLink拡張製品を使用しました。これらの拡張製品の1つにTargetLink AUTOSAR Migration Toolがあります。このツールを使用すると、AUTOSARに準拠していない標準のTargetLinkモデルをワンクリックでAUTOSAR準拠のモデルへと変換することができます。開発者は、まずSimulinkモデルをTargetLinkにインポートし、そこでTargetLinkモデルへの変換を行いました。それらのモデルを使用すると、AUTOSARに準拠したコードとAUTOSARソフトウェアコンポーネントデスクリプションファイルをすばやく生成することができました。FAW社では、同社独自のソフトウェアアーキテクチャの要件を満たすため、柔軟性に優れたAUTOSAR Migration Toolのさまざまな設定オプションを活用しました。これにより、AUTOSARに準拠した形式のソフトウェアコンポーネント(SWC)を容易に作成できるようになり、それらを他の開発タスクに流用することも可能になりました。

#### バーチャル ECU の生成

FAW社にとっての次の課題は、AUTOSAR準拠のソフトウェアコンポーネントを使用した車載テストでした。ここでは、MicroAutoBox IIでバーチャルECU (V-ECU) を実行することが極めて効果的でした。V-ECUの作成に最適なツールは、アーキテクチャソフトウェアであるdSPACE SystemDeskです。同社では、新しいSWCおよびDBCファイルをSystemDeskにインポートし、そこでECUコンフィギュレーションフレームワークに自動化機能を実装しました。これにより、設定のAUTOSAR準拠への変換やV-ECUの生成を自動的に行えるようになりました。同社では、これらのステップおよびツールを活用することにより、AUTOSAR準拠の開発環境の構築に向け、コントローラソフトウェアの移行を実施することができました。

#### プロトタイピングシステムの準備

FAW社では、従来のプロトタイピングを用いて新しいコントローラソフトウェアの

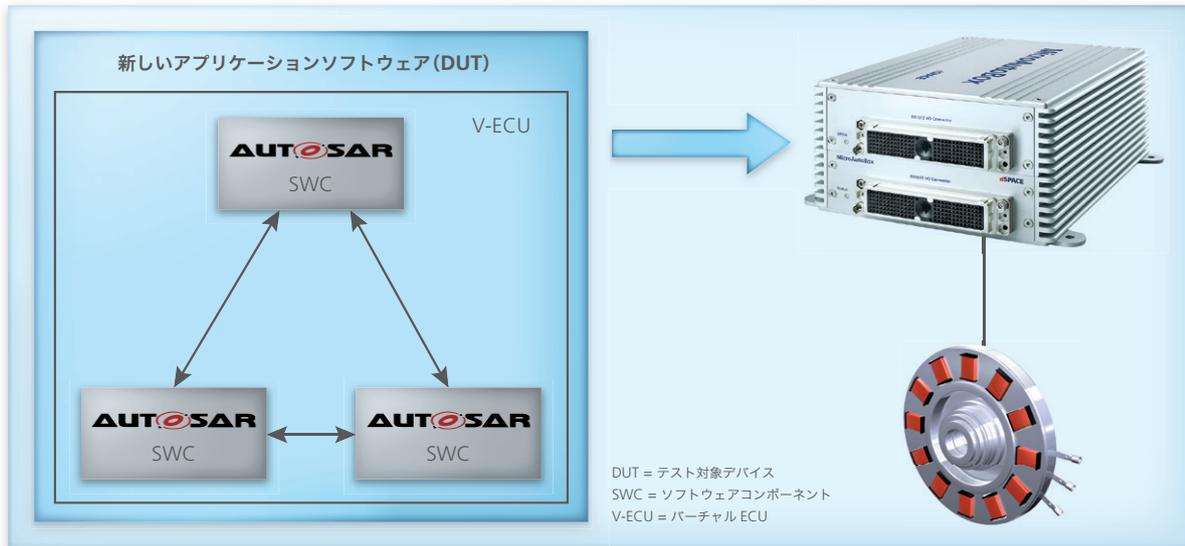
車載テストを行い、それが非AUTOSARのソフトウェアバージョンと全く同じ挙動を示すことを確認しました。開発者は、V-ECUとMicroAutoBox II間の情報のやり取りにはReal-Time Interface (RTI) ブロックセットを使用しました。これらのブロックセットでは、V-ECUの入出力および信号とMicroAutoBox IIの入出力および通信インターフェイスとの接続を容易に行うこともできました。つまり、MicroAutoBox IIはプロトタイピング時における車載ECUの役割を担いました。

#### 結果と今後の展望

FAW社は、Electric Drive向けコントローラソフトウェアをAUTOSARに準拠させるうえでの中心的なプロトタイピングプロジェクトを無事に完了することができました。同社の開発者は、AUTOSAR環境への移行をツールによって完了することができたため、モデルや新しい機能の開発に注力することができました。このプロジェクトの結果は、さらなる改善に向けた土台となり、コントローラの量産にも活用される予

「シームレスなdSPACEツールチェーンは、使いやすいだけでなく必要な各種機能が用意されているため、経験の浅い開発者でもコントローラソフトウェアをAUTOSARに移行することができます。」

Guohuang Ji氏、FAW社



FAW 社では、コントローラソフトウェアを AUTOSAR に準拠した構造に移行し、これを車両向けに使用することができました。

定です。FAW 社では、これらの結果を極めて効率的に達成できたため、引き続きこの新しい手法で ECU 開発を行うことを考えており、SystemDesk、TargetLink、および MicroAutoBox II といった dSPACE

製品のツールチェーンも引き続き使用していく予定です。■

Guohuang Ji 氏、Dali Jiang 氏、FAW 社

「量産コード生成ツールである TargetLink は、当社の ECU ソフトウェアの実装において中心的な役割を果たしました。私たちは、AUTOSAR 準拠の新たな開発プロセスにおいても引き続き TargetLink を使用する予定です。」

Dali Jiang 氏、FAW 社

## 概要

### タスク

AUTOSAR 準拠の未来の Electric Drive およびハイブリッドドライブに対応したコントローラソフトウェアの開発を目指す FAW 社のプロジェクト。

### 課題

AUTOSAR 準拠の開発環境だけでなく非 AUTOSAR ソフトウェアの移行にも対応したツールチェーンのセットアップ。非 AUTOSAR ソフトウェアの速やかな AUTOSAR への移行と車載テストの実施。

### 解決策

シームレスな dSPACE ツールチェーンを使用することにより、わずかな労力と知識のみでコントローラソフトウェアを AUTOSAR 準拠の構造に移行することができました。AUTOSAR に準拠したソフトウェアの車載テストには、V-ECU と MicroAutoBox II を組み合わせて使用しました。

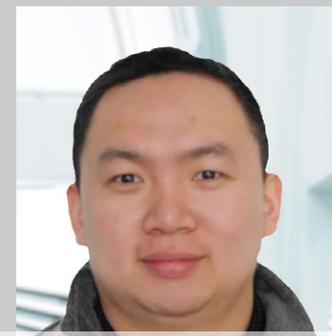
### Guohuang Ji 氏

バッテリー管理システム (BMS) 用電子制御システム担当ゼネラルエンジニア、FAW 社、長春 (中国)。



### Dali Jiang 氏

BMS 用電子制御システム開発部門リーダー、FAW 社、長春 (中国)。



**電** 気自動車のシェアが今後数年で大幅に拡大することが見込まれている道路交通の分野では、「エレクトロモビリティ」という用語が一般的に深く関わってきます。Electric Driveの利点としては、環境適合性、コンパクトさ、保守性、および低ノイズ性などがよく知られていますが、これは航空業界にとっても大きな関心事です。たとえば、航空機にモーターを使用すれば、一般的には高価なタービンエンジンやピストンエンジンの保守作業を大幅に削減することができます。そのため、世界中の多数の航空機メーカーやサプライヤが航空機用の Electric Driveの開発を模索していることは驚きではありません。

#### ELIAS – 無人タスク用の完全電動飛行デモンストレータ

ELIAS (Electric Aircraft IABG AcentisS) は、主に無人の電動偵察および監視システム (図 2) 向けのテクノロジーをテストするために使用されています。IABG 社およびその子会社である ACENTISS 社は、ELIAS の開発を 2012 年に開始しました。同年には、同社の研究センターが PC Aero 社から Elektra One 航空機を購入し、それをビデオカメラ、データリンク、および地上管制局を備えた ELIAS システムデモンストレータに改造しました。この ELIAS は、パイロットが手動または自動で操縦することが可能ですが、現在の設定

では、離着陸はパイロットが行っています。ELIAS が離陸すると、航空機自動化機能によって操縦が引き継がれ、事前に設定された航路 (飛行中に変更可能) に従い、さらには高度、対気速度、方向などの地上局からの直接入力に基づいて制御されながら飛行を続けます。飛行機の空力操縦翼面は、電磁クラッチを内蔵した電動アクチュエータによって制御されており、パイロットは、ボタンを 1 度押すだけでいつでも飛行機を制御することができます。地上職員は、地上管制局にあるジョイスティックを使用することにより、機体下部に設置されたセンサを制御し、カメラ、赤外線センサ、レーザー距離計のパン操作や記録した画像の拡大などを行うことができます。ACENTISS 社は Geiger Engineering 社と協力して、それぞれ 30 kW および 40 kW の離陸出力を有する 2 つのデュアルモーターを開発しました。デュアルモーターはそれぞれ 2 つのモーターで構成されており、オーバーランニングクラッチを介して 1 基のプロペラを駆動します。一方のモーターが故障しても、出力がわずかに低下するものの、別のモーターで引き続きプロペラを駆動させることができます。コントローラとリチウムイオンバッテリーも、冗長構成になっています。これにより、2 台のモーターを使用する航空機の安全レベルが 1 台のモーターで実現されています。ACENTISS 社では、実際の飛行による推進テストを行う前に、同社保有のモーター

&gt;&gt;

図 1 : 地上での飛行制御アルゴリズムの総合的なテストには、ACIL (Aircraft-in-the-Loop) シミュレーションが使用されています。





完全電動化した自律型航空機の開発

# Electric Take-Off

ACENTISS GmbHはELIASを使用して、偵察および監視システム向けのテストプラットフォームとして完全な電動飛行機を開発しました。この電動飛行機は、パイロットの有無を問わず操作することができます。ここでは、飛行誘導を行うオンボードコンピュータとしてdSPACEのMicroAutoBox IIが使用されています。



衛星航法補強システム・高精度な位置確認用の特殊な衛星ナビゲーションシステム。

- 1 20 kW の離陸出力と制御可能なピッチプロペラを備えた Electric Drive
- 2 リチウムイオンバッテリーパック
- 3 アビオニクス - 飛行誘導システムとしての dSPACE MicroAutoBox II、慣性基準システム、レーダー高度計、SBAS<sup>1)</sup> 対応衛星航法システムなど
- 4 センサ (ビデオカメラ、赤外線センサ、レーザー距離計)
- 5 電動格納式着陸装置
- 6 データリンクアンテナ

## 主要諸元

|          |                      |
|----------|----------------------|
| 最大離陸重量   | ■ 350 kg             |
| 翼幅       | ■ 11 m               |
| 翼面積      | ■ 8.2 m <sup>2</sup> |
| 最高速度 :   | ■ 150 km/h           |
| 巡航速度     | ■ 110 km/h           |
| 最大モーター出力 | ■ 20 kW              |
| 最大範囲     | ■ >150 km            |
| 最大飛行時間   | ■ 約 1.5 時間           |

図 2 : ELIAS のセットアップ。オンボードの dSPACE MicroAutoBox は、飛行誘導システムとしての役割を担います。

「MicroAutoBox II は柔軟性および信頼性に優れた機内飛行誘導システムです。革新的な新しいアルゴリズムをすばやく実装することができます。」

Andreas Rohr 氏、ACENTISS 社

テストベンチとミュンヘン工科大学の風洞を使用して、さまざまなテストを行っています。飛行テストでは現在、40 kW デュアルモーターのプロトタイプが使用されています。また、ELIAS には高強度アルミニウム製で電動式の革新的な格納式着陸装置も備えられています。この着陸装置にはエラストマーコンポーネントが使用されており、ブレーキを唯一の例外とすれば、実質的にメンテナンスフリーです。この着陸装置は既に数年にわたり使用されています。

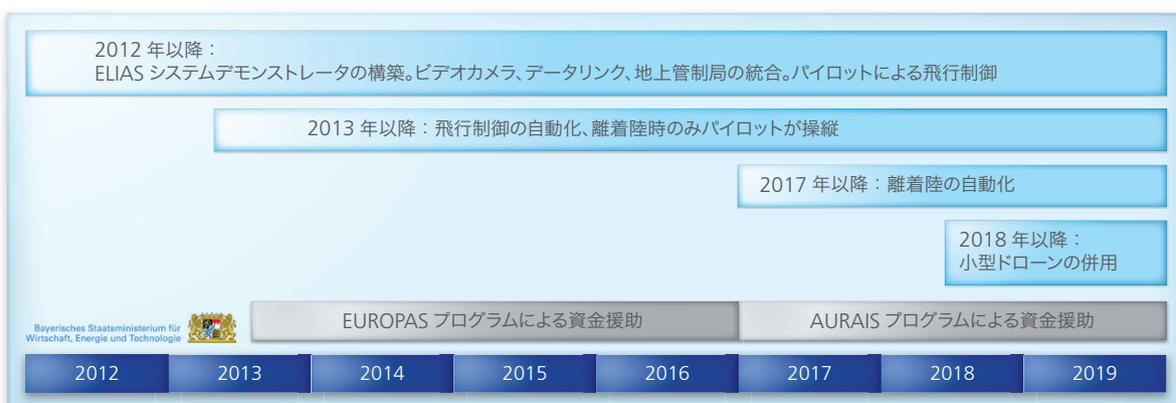
さらに、正方形の断面を持つサスペンションストラットのおかげで、複雑なトーショリンクは必要ありません。

### MicroAutoBox II による飛行誘導

ELIAS には dSPACE MicroAutoBox II が搭載されており、中核的な飛行誘導タスクを遂行したり、無人飛行時に地上管制局の命令を実行したりしています。MicroAutoBox II は、CANaerospace バスを介して飛行制御システムに接続され

ています。飛行制御システムは電動アクチュエータを制御し、空力操縦翼面のたわみを生成したり、安定的かつ安全に飛行するうえで必要な推力を生み出しています。必要な場合は、Embedded PC で MicroAutoBox II を拡張することも可能です。MicroAutoBox II では、指定された目的地、捕捉した風況、およびナビゲーションデータを Simulink モデルにより解析し、軌道を関数として計算します。次に、航路をジオリファレンス済みの形式として飛

図 3 : 開発タスクの年表



行制御システムに送信し、高度や対気速度の情報も転送します。MicroAutoBox II では、離着陸時における着陸装置の格納や展開制御、およびバッテリーの充電状態のモニタリングも行います。また、MicroAutoBox II を MATLAB®/Simulink® に直接接続できることも大きな利点です。これにより、飛行制御アルゴリズムの変更をすばやく実装することができます。そのため、研究者は飛行誘導ソフトウェアを継続的に開発し、さまざまなタスクに合わせてそれらを調整することができます。ラボでテストを行った後は、ソフトウェアを HIL/ACIL (Aircraft-in-the-Loop) シミュレーションやテスト飛行用のプロトタイプにロードすることが可能です。

#### 地上および空中でのテスト

ACENTISS 社の親会社である IABG 社では、空中での実際のテスト飛行に備えるため、ACIL シミュレーションを使用して地上での航空機のテストを集中的に行っています (図 1)。同社のエンジニアは、自動操縦機能自体の妥当性確認だけでなく、手動から自動飛行モードへとスムーズに切り替える機能についてもテストしています。地上管制局と航空機の間は、無線または有線で接続することができます。

#### 資金援助プログラムによるサポート

ACENTISS 社による完全な電動無人飛行に必要なテクノロジーの開発は、バイエルン航空研究および技術プログラムの一環であり、バイエルン州経済エネルギー技術省の支援を受けています。同社は、EUROPAS スポンサーシッププログラムの一環として、業界のパートナーや研究パートナーと合同で自動飛行制御システムを開発しました。これには、飛行誘導システム、電動格納式着陸装置、30 kW および 40 kW のデュアルモーター、および地上管制局と航空機を接続するための電子データリンクが備えられています。2016 年後半のテスト飛行では、このシステムの実証に成功しました。2017 年に開始されたフォローアップ後援プログラムである AURAS (All-Electric Unmanned Reconnaissance & Aerial Imaging Airborne System: 完全電動無人偵察および航空画像処理空輸システム) では、小型ドローンも併用した自動離着陸機能と地上管制局が開発されています (図 4)。

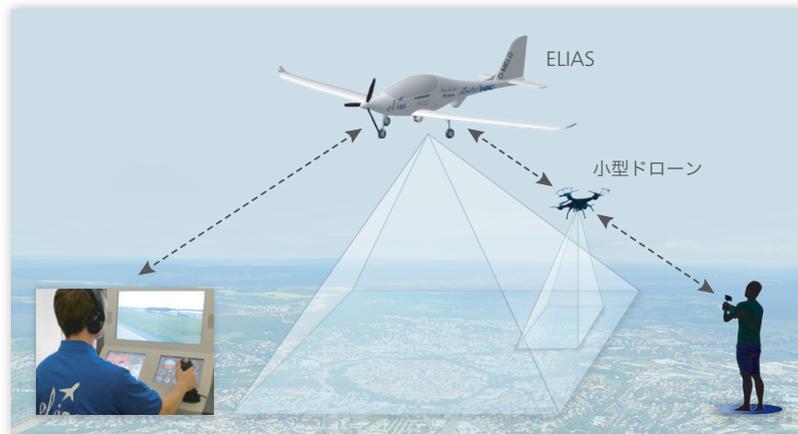


図 4: ELIAS を小型ドローンと併用する場合、航空機はドローンのデータリンクリレーとして機能し、広い範囲のおおまかな概要を提供します。ELIAS とは対照的に、より小型で敏しょう性に優れたドローンは空中に留まることができるため、付近の偵察に役立ちます。また、選択した範囲のより詳細な情報を提供します。これらは現場のパイロットまたは地上局により制御することができます。

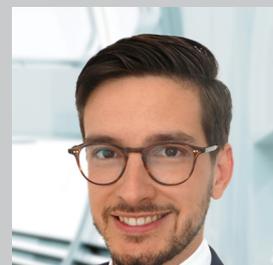
#### 今後の展望

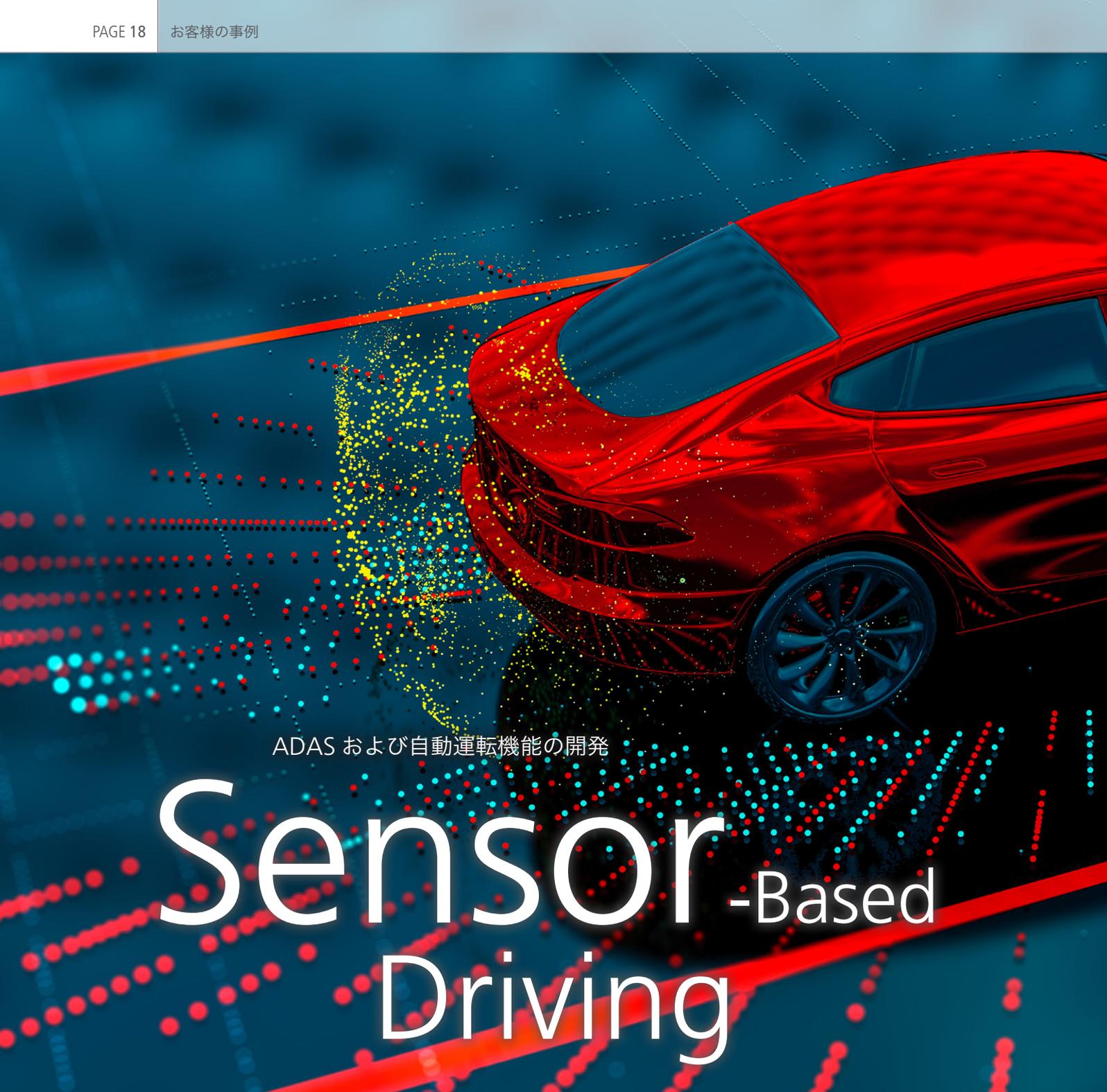
現在では、ELIAS と小型ドローンを併用して効率的に付近を偵察できるようにすることを旨とした開発が行われています (図 4)。また、将来的なタスクに備えて、小型の移動型地上局の最適化も図られています。テスト飛行は 2019 年の開始を予定しており、自動離着陸を伴う事前プログラム済みの地上管制任務をテストします。また、現場での小型ドローンとの併用についてもテストされる予定です。 ■

Hans Tönskötter 博士、Andreas Rohr 氏、  
ACENTISS GmbH

Hans Tönskötter 博士  
空輸システム担当 シニアマネージャー、電動無人偵察システムの技術開発責任者、ACENTISS GmbH、  
オットブルン

Andreas Rohr, Dipl.-Ing (FH)  
航空エンジニア兼パイロット、航空機の継続的な開発を担当、ACENTISS GmbH、オットブルン

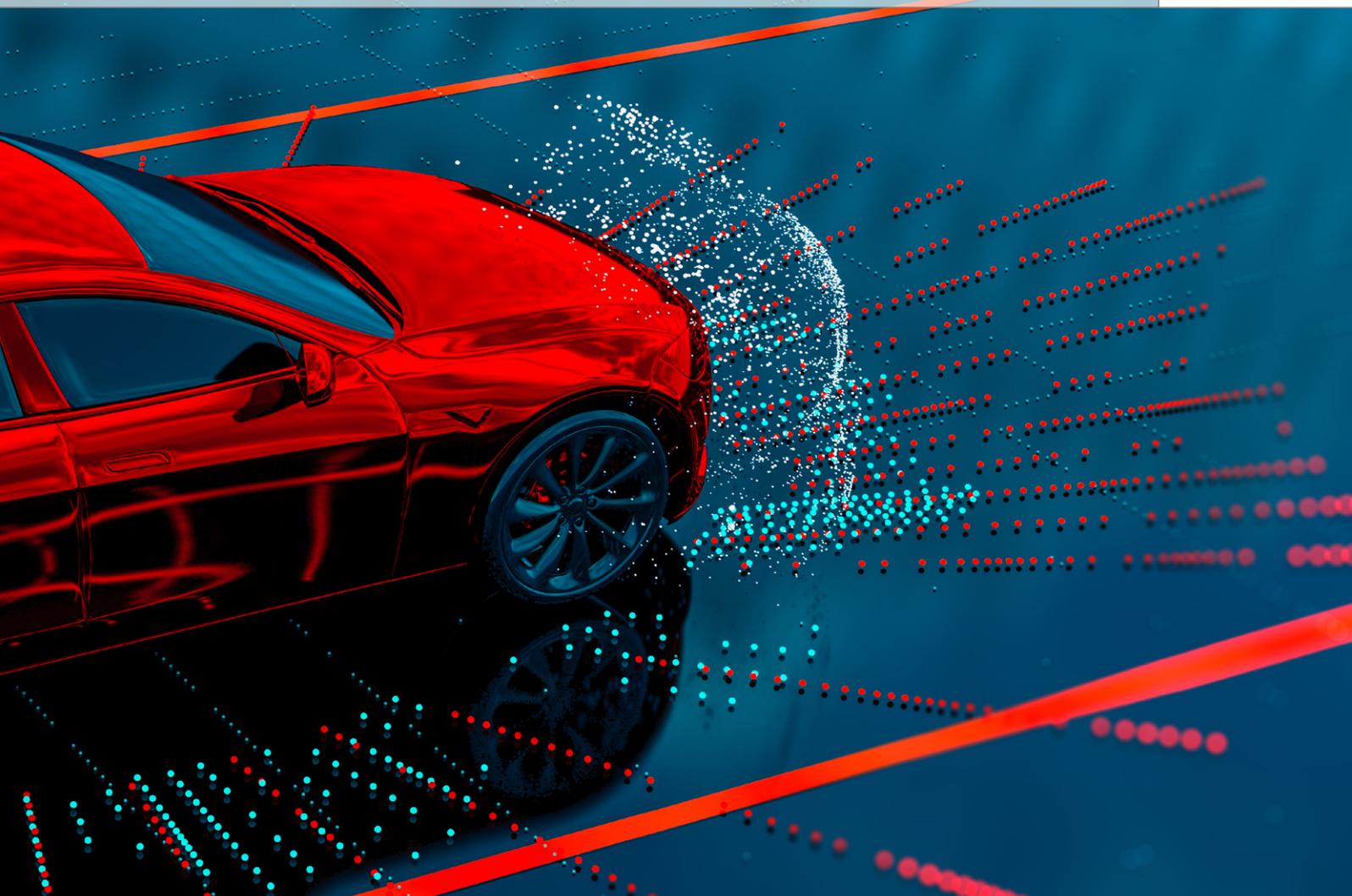


A red car is shown from a rear three-quarter view, set against a dark blue background. The car is surrounded by a complex visualization of sensor data, consisting of numerous small, glowing dots in red, yellow, and cyan, connected by thin lines. These dots form a grid-like pattern around the car, representing the sensor's field of view and data processing. The overall aesthetic is futuristic and technological.

ADAS および自動運転機能の開発

# Sensor-Based Driving

P3 では、顧客が ADAS および自動運転機能の実装評価を行えるようにするため、Autonomous Data and Analytics Platform for Testing (ADAPT : テスト用自律データおよび解析プラットフォーム) を開発しました。これらの機能には、視覚ベースの機能やセンサ、センサ設定およびアルゴリズムのテスト機能などがあります。ADAPT では RTMaps ソフトウェアを活用することで、ADAS や自動運転アルゴリズムの検証および妥当性確認を行っています。



**自** 動車業界では、新たなトレンドが出現すると業界全体が根本的な変化にさらされる場合があります。P3 社は、OEM メーカーやサプライヤがそのような事態に向けて準備できるようにするための効果的な戦略を提供しています。同社では、自動運転に対応した新しい接続サービスおよびテクノロジーを市場にもたらすことを目的とし、ADAS や自動運転車両の開発分野において、次のようなサービスを展開しています。

- 技術ロードマップおよびビジネス戦略の策定
- グローバルな製品およびモビリティサービスのベンチマーク評価
- システムおよびサブシステムの機能的要件の定義
- 機能安全分析 (ISO 26262)
- ラピッドプロトタイピング (ハードウェア/ソフトウェア)
- データ戦略およびデータ解析
- アジャイルプログラムの立ち上げと管理

P3 の子会社である P3 North America は最近、ADAPT を搭載した車両を公開し、この分野における存在感を示すと共に、先進運転支援システム (ADAS) および自動運転車両の開発向けの各種機能を発表しました。ADAPT は、Autonomous Data and Analytics Platform for Testing (テスト用自律データおよび解析プラットフォーム) を表す用語です。

#### 自動化に関する検討事項

P3 社ではまず最初に、将来的にテストを行う必要が生じるセンサ、ソフトウェア、およびハードウェアを検討することにしました。同社のエンジニアは、SAE レベル 3 以上のさまざまな車両設定が今後必要となると予想し、テストにおいても幅広いセンサをサポートする必要があると判断しました。そのうえで、多様なセンサを取り付けることのできるモジュール型車両を作成するという目標を設定しました。同社の目的は、既存の天候や交通状況とは関係なく、堅牢かつ信頼性の高いセットアップ

に基づいて静的および動的なリアルタイムデータを提供することでした。エンジニアはベンチマーク調査を実施して、サラウンドビューカメラ、前方監視カメラ、周辺視野カメラ、中長距離レーダー、LiDAR、短距離レーダー、超音波センサなどのさまざまなセンサオプションを検討し、一般的な通信インターフェース (USB、Ethernet、CAN など) についても評価を行いました。車両にすべてを含める必要はありませんでしたが、同社はデモの目的で、複数の LiDAR (スキャンングおよびソリッドステート)、超音波センサ、前方監視カメラ、前方監視レーダーも組み込むことにしました。

#### 設計仕様

P3 社では、システムの設計開発に適したモデルベースのシステムエンジニアリングに注目し、これを活用してデモ車両向けの望ましい ADAS 機能を概念化、設計、およびモデリングすることにしました。このエンジニアリング手法では、機

&gt;&gt;



P3 社の ADAPT デモ車両は、RTMaps ソフトウェアと一連のセンサ (LiDAR、超音波、前方監視カメラ、前方監視レーダー) を搭載したデータロギング PC を搭載しています。



能テストやソフトウェアテストの要件特定 (すなわち MIL (Model-in-the-Loop)、SIL (Software-in-the-Loop)、HIL (Hardware-in-the-Loop) など) や、車両モデルおよび機能アーキテクチャモデルの作成が可能だけでなく、すべての側面において、量産ソフトウェアおよびハードウェアの検証と妥当性確認を行うことができます。P3 社のエンジニアはまず、危険なシナリオの特定とシステムの適切な安全目

標に関する設定を行い、これに基づいて、実装に向けたシステムおよび技術安全要件の定義を行いました。

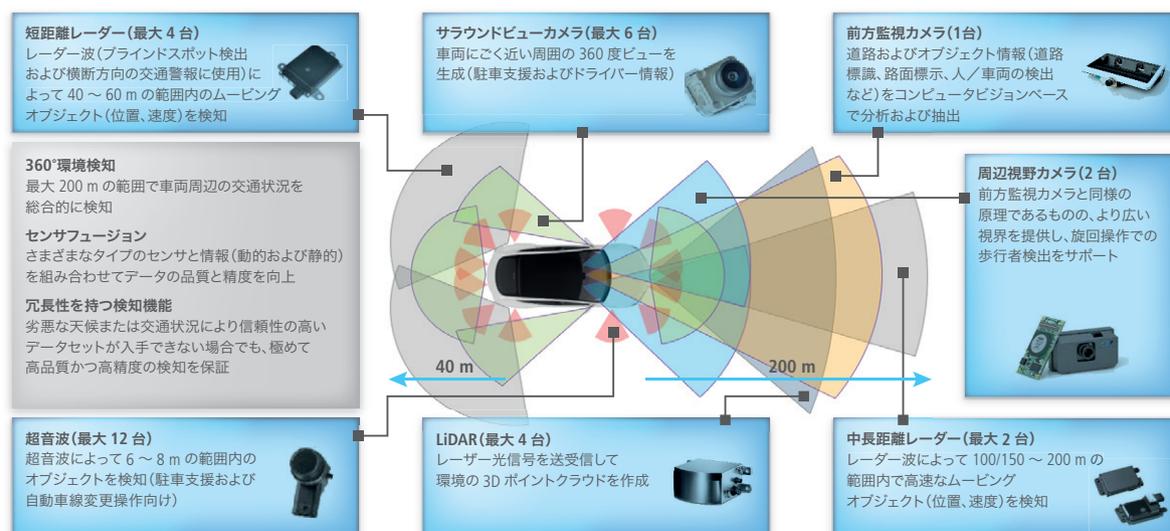
#### 車両への実装

P3 社のエンジニアは、機能安全要件を十分に理解したうえで、計測およびテスト機器の設置を開始し、さまざまなセンサを車両に取り付けました。目的のレイアウトとインターフェース要素に従ってセンサのコ

ネクタと配線を準備し、センサから取得したデータを記録するための PC を設置しました。車両に計器を取り付ける際の重要な留意事項は、次のようなものでした。

- 一般的な通信インターフェース (USB、Ethernet、CAN など) にセンサを統合
- 車両のスキーマを作成して、追加される可能性のあるすべてのセンサの場所や拡張も考慮

自動運転車両システムでは、一連のセンサ、ソフトウェア、およびハードウェアが複雑に関連しています。





車両のルーフに取り付けられたソリッドステート LiDAR。



車両のトランクに収容された電源管理、入出力、データロギング、およびプロセッサ向けの各ユニット。

- (バンパーレールなどの) 侵入空間および非侵入空間の両方にセンサを搭載
- 信頼性の高い電源管理機能を車両に統合して追加の機器や複数の設定をサポート
- 拡張可能なストレージにより、最大規模のセンサパッケージとテストシナリオをサポート
- 乗員のための十分な車内空間を確保し、車両の安全性と完全性を維持しながら、すべての機器に拡張用の十分なスペースと容易なアクセス性を提供
- 環境ストレスや常時使用に対応する十分な弾力性を持ちながら、データ損失を低減することができる最適な長さのケーブル配線を確保
- 既存のセンサへの干渉 (他のセンサの視界の遮断、ネットワーク干渉、電氣的ノイズ) を防止

#### データロギングシステムのセットアップ ADAS および自動運転機能の適切な動作

には、正確なリアルタイムデータの収集が不可欠です。P3 社のエンジニアは、これを念頭に置き、データロギングシステムのセットアップ時に意識すべき条件のリストを作成しました。ここで求められる品質は、次のようなものでした。

- センサが相互に接続および通信する方法を理解
- (レーダーデータを範囲や角度から (x,y,z) に変換するといった) データ処理を可能にすることで、必要なライブビジュアル表示を実現
- リアルタイムに処理されたデータや GPS クロックに従って、処理されたデータを同期化
- センサ通信のモニタリング (P3 社では RTMaps ウォッチドッグブロックを使用してデータ取得を保証)
- (再生ダイアグラムで変更したアルゴリズムをテストするための) 生データの保存

- (テスト後の再生時間を節約するための) 処理後のデータの保存
- コンポーネントの相互作用による適切なセンサ動作の保証 (P3 社では RTMaps を使用して CAN メッセージ、ヨーレートなどの必要な情報を提供)

#### センサフュージョンの管理

P3 社では、データロギングシステムのセットアップ方法についての明確なプランを立てたうえで、さまざまなセンサから収集したデータの処理および管理手法を確立することに注力しました。また、複数のデータ取得システムに対応できる車載データプリプロセス処理システムの構築にも着手しました。ADAPT プラットフォームは、自動運転 (AD) および ADAS の新機能をより迅速に開発できるよう設計されており、センサ、センサ設定、およびアルゴリズムのテストを効率的かつ信頼性の高い手法で確実にを行うために必要なすべての要素を兼ね備えています。このプラット

>>



「当社は、dSPACE MicroAutoBox および ControlDesk を使用し、また、使用を推奨することにより、ADAS や自動運転向けのプロトタイプ of 堅牢性を向上させてきたことにより、実車とほぼ同一の条件下でプロトタイプシステムを動作させることに成功しています。」

Modar Horani 氏、システムエンジニアリング担当管理主任、P3 North America 社

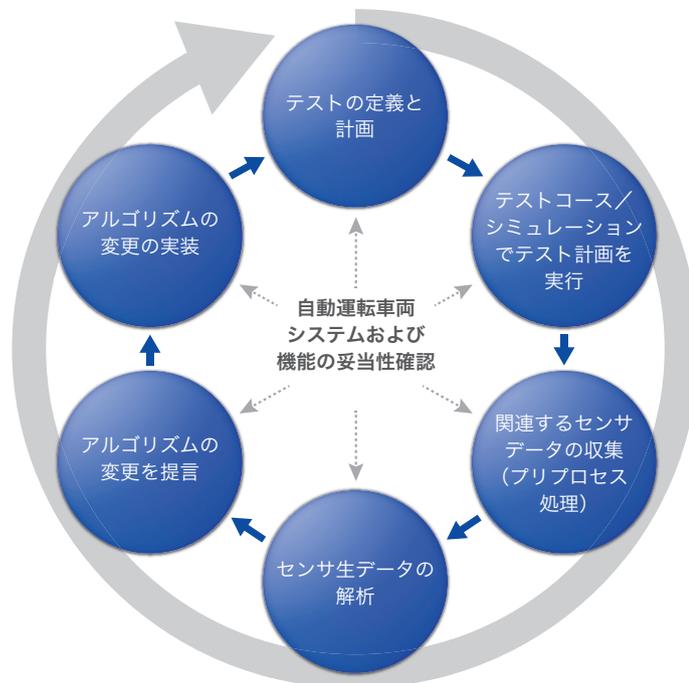


自動運転車両システムの構築および改良に関するマイルストーン。

フォームでは、実際のデータを収集してベンチマーク評価やデータ解析を行うことができるだけでなく、OEM および Tier1 メーカーがさまざまな構成のハードウェアおよびソフトウェアを動的かつリアルタイムな運転条件でテストする状況にも対応します。ADAPT には、Intempora 社が作成し、dSPACE が販売するソフトウェアプラットフォームである RTMaps (Real-Time Multisensor applications) が搭載されています。RTMaps を使用すると、リアルタイムでのデータ収集とデータ処理アルゴリズムのテストが可能です。また、このプラットフォームが提供する強力なリアルタイム実行パフォーマンスを活用すると、多数のソフトウェアタスクと広帯域幅の生データストリーム間の時間的整合性に対応することができます。Modar Horani 氏は、P3 North America 社でシステムエンジニアリング担当管理主任を務めており、(OEM および Tier1 メーカーなどの) 顧客サポートを担当するシステムエンジニアチームを統括しています。このチームは、お客様がシステムやサブシステム、機能安全分析 (ISO 26262)、およびラピッドプロトタイピング (ハードウェア/ソフトウェア) の機能要件を開発するうえで必要なサポートを提供します。Horani 氏は、P3 社がカメラ、LiDAR、レーダー、CAN、GPS、IMU、超音波などの比較的

大規模なセンサ群から送られるデータを記録できたのは RTMaps のおかげであるとし、RTMaps と dSPACE ツールチェーンの優れた連携にも言及しています。また、「RTMaps は使いやすいシンプルな

インターフェースであり、既存の環境をすばやく変更することができます」と述べ、「RTMaps では、制御信号の送信によりセンサを適切に動作させることが可能なだけでなく、組込みのウォッチドッグパツ



自動運転車両システムのテストプランニングおよびデータ解析のための重要なステップ。



「私たちは、シームレスなパフォーマンスを提供し、信頼性の高いロギングが可能な RTMaps の機能には非常に満足しています。」

Modar Horani 氏、システムエンジニアリング担当管理主任、P3 North America 社

ケージを使用すれば、有効なデータをロギングダイアグラムに確実に入力することができます。総合的に見て、シームレスなパフォーマンスを提供し、信頼の高いロギングが可能な RTMaps の機能に私たちは非常に満足しています。」と述べています。

とことができました。アルゴリズムの修正 同社のエンジニアは、デモ車両のセンサから収集したデータを使用して前後方向の衝突回避や車線逸脱警告などのさまざまな機能に関するテスト走行を行い、ラビッドプロトタイピングによりその結果とシステムパフォーマンスへの影響を評価しました。

これにより、同社はエラーを特定し、さまざまな ADAS アルゴリズムを修正してデモ車両に実装し、性能を向上させることができました。ADAS アルゴリズムの修正と実装には、プロトタイピングユニットである dSPACE MicroAutoBox II や試験ソフトウェアである dSPACE ControlDesk >>

### テストプランニングと収集したデータの分析

P3 社では、デモ車両にセンサとデータロギングシステムを搭載する作業が無事に完了すると、実行すべき一連の走行テストの確認に取りかかりました。最終目標は、エラーなしでのテスト完了でした。テストドライブは、次の目標を達成するように設計されました。

- システムの準備状況とセンサ適合の確認
- 対象となるさまざまな道路、天候、および交通条件におけるデータ収集
- 特定のテスト対象アルゴリズムの性能の検証

最適な試験環境と変動要因を識別するため、試験の設計は慎重に行われました。対象となった変動項目には、たとえば、高速道路の同じ区間を運転する間に、晴れ、雨、雪、霧の日のデータを収集する場合など、通常または劣悪といったさまざまな天候条件のもとで収集したセンサ計測値も含まれていました。ここでは、GPS による追跡を活用することにより、記録したデータを調整し、悪条件に対処する場合の課題を特定することができました。また、地上検証データを立証するため、一部のテストドライブは専用のテストコース施設で実施しました。地上検証データは、センサとアルゴリズムの両方の結果を適合するために必要でした。P3 社では、さまざまなセンサから重要なデータストリームをリアルタイムで収集し、センサ機能を評価するこ



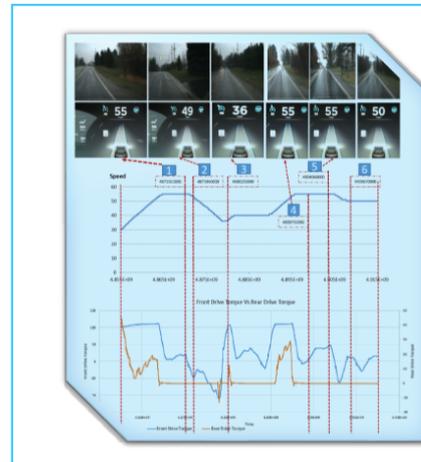
さまざまなセンサ信号を融合し、関連する処理アルゴリズムをリアルタイムに実行するうえで、RTMaps と MicroAutoBox は極めて重要な役割を果たしました。

など、各種のツールが使用されました。Horani氏は、MicroAutoBox IIは使いやすく、主要なモデルベースの開発ツール(MATLAB®/Simulink®など)と緊密に統合されているため、新しい革新的なコンセプトをすばやく実装することができると説明しています。また、「当社は、dSPACE MicroAutoBox IIおよびControlDeskを使用し、また、使用を推奨することにより、ADAS/AD向けのプロトタイプの実験性を向上させてきました」と述べています。「これにより、実車とほぼ同一の条件下でプロトタイプシステムを動作させることに成功しています」。

### RTMaps の活用

P3社では、RTMapsを活用して、デモ車両以外にも次の2つのシナリオでADASアルゴリズムの検証と妥当性確認を行っていますとHorani氏は述べています。

1) 路上において、車両に搭載したPCでアルゴリズムを実行し、ライブデータを収集してビジュアル表示



RTMaps およびその他のソリューションによる妥当性確認と検証：レビューおよび分析によって、すべての安全要件が適正に実装されているかどうかを早期の段階で確認します。

2) ラボにおいて、収集したデータを入力値として使用し、開発中のアルゴリズムの性能を検証

また、RTMaps は、Python、C、MATLAB

など、さまざまなプログラミング言語で開発されたアルゴリズムを使用する複数のプロジェクトを実行したり、統合したりする場合にも役立つとHorani氏は述べています。さらに、「RTMapsにはセンサ接続

1) 元のカメラ信号  
 2) 処理済みのカメラ信号  
 3) ループに搭載した左右のソリッドステート LiDAR からのデータ  
 4) 前向きのレーダーセンサからのデータ

RTMaps による処理前のセンサデータと処理済みのセンサデータのデータ解析。

用の優れたネイティブパッケージが用意されています」としたうえで、「ただし、お客様の要件により、ネイティブパッケージ以外の専有センサの使用が必要な場合もありますが、RTMaps に搭載された各種のツールを活用すれば、容易にカスタムパッケージを開発することができます。」とも述べています。

### P3 社の次のステップ

P3 社は、自動運転車両システムの機能面での妥当性確認を行いました。将来的な ADAS および自動運転車両の開発プロジェクトについても意欲的に取り組んでいます。そのため、ADAPT 機能を拡張して V2X 通信などのさまざまな用途の追加センサを組み込もうとする試みや、視覚ベースの ADAS 機能の実装評価も行っています。P3 社では、モビリティ向けの製品や関連するサービスをすばやく開発できるようにするための経営コンサルティングや、革新的なエンジニアリングソリューションの提供も行っています。管理サポート、コンサルティング、エンジニアリングといった

同社の各種ソリューションを組み合わせると活用すると、製品に新たなテクノロジーを迅速かつ俊敏に実装するうえで必要な要件を理解することができます。北米では、新しいモビリティサービスや車両のデジタル化への移行に加え、自動運転車両、コネクテッドカー、および電気自動車の分野が注目されています。P3 社は世界中の 40 か国以上を拠点に 4,000 名近くのコンサルタントとエンジニアを擁しており、今日の複雑な技術的課題に対応する革新的なソリューションの開発と実践に取り組んでいます。同社では、ADAS 評価プラットフォームの実装の成功により、対応可能なサービスが拡大しており、今では ADAS および自動運転機能の開発と妥当性確認のいずれもサポートできるようになっています。同社の使いやすいモジュラー型のプラットフォームを使用すると、開発の早期の段階での研究、さらにはプロトタイピングから製品開発、統合、および妥当性確認に至るまで、開発サイクル全体に対応することが可能です。P3 社ではこのプラットフォームをグローバルに展開することで、

より安全かつ環境に優しく、接続性にも優れた自動運転車両への移行を強力に推進していきます。 ■

P3 社のご厚意により寄稿

## 概要

### タスク

自動運転向けのデータおよび分析プラットフォームに基づいたデモ車両を構築することで、お客様による ADAS および自動運転機能の実装評価をサポートします。このプラットフォームは、視覚ベースの機能を搭載し、センサ、センサ設定、およびアルゴリズムのテストを行える必要があります。

### 課題

ADAS および自動運転機能の適切な動作には、データをリアルタイムで正確に収集することが不可欠です。そのため、さまざまなセンサインターフェースおよび通信プロトコルをサポートし、それらの信号を同期して処理できるプラットフォームが必要です。また、テスト対象となるさまざまな

アルゴリズムの性能を検証するには、センサデータのモニタリング、生データと処理済みデータの保存、および信号の柔軟なルーティングが極めて重要となります。

### ソリューション

P3 社は RTMaps と MicroAutoBox を駆使して、カメラ、LiDAR、レーダー、CAN、GPS、IMU、超音波などの比較的大規模なセンサ群の接続を行い、それらのデータを記録しています。RTMaps では、リアルタイムでのデータ収集とデータ処理アルゴリズムのテストが可能です。このプラットフォームが提供する強力なリアルタイム実行パフォーマンスを活用すると、多数のソフトウェアタスクと広帯域幅の生データストリーム間の時間的整合性に対応することができます。P3 社では、

dSPACE MicroAutoBox II プロトタイピングユニットと ControlDesk を組み合わせて使用することにより、ADAS アルゴリズムを修正および実装し、車両内でリアルタイムに実行することができました。



RTMaps を使用したデータ解析のデモ動画をご覧ください。 [www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_P3](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_P3)

「もっとよい方法があるはずだ。」— 革新的なエンジニアリング企業である Tula Technology 社では、この考え方が定着しています。同社は、自動車業界が数十年にわたり取り組んできたエンジン設計の課題を解決しました。その問題とは、エンジンシリンガを個別に休止する方法です。Tula 社では、先進的なデジタル信号処理、アルゴリズム、および高度なパワートレイン制御を組み合わせるといった創造的な思考により、単一のエンジンシリンガを休止（スキップ）または作動（ファイア）する時期を自動的に管理できるソフトウェアベースの手法を開発し、ドライバーのトルク要件を満たすことに成功しました。同社のソリューションは Dynamic Skip Fire (DSF®: ダイナミックスキップファイア) テクノロジーと呼ばれています。

#### ダイナミックスキップファイア

DSF テクノロジーでは、最も効率的に車両の出力要件を満たせるよう、エンジン制御システムが個々の燃料シリンガを自動的にオンまたはオフにします。従来のシリンガ休止方法とは異なり、Tula 社のダイナミックスキップファイアアルゴリズムでは、0% から 100% の間でほぼ連続的にシリンガの点火制御を行います。この動作により、ポンプ損失の大幅な低下、燃焼効率の向上、および減速時の触媒管理の改善が可能になり、結果として燃費が向上します。DSF テクノロジーを使用すると、ドライバーに必要な出力を提供しつつ、エンジンの最適な動作効率を維持することができます。このソリューションでは、燃費と CO<sub>2</sub> 排出量を 10 ~ 15% 削減することが可能です。ゼネラルモーターズ (GM) 社は、この燃費テクノロジーに注目してきました。また、その他の自動車メーカーや、さらには Delphi、Sequoia Capital、Khosla

Ventures、Sigma Partners などの企業も Tula 社に投資しています。Delphi 社は、Tula 社の Tier 1 戦略パートナーでもあります。

#### テスト自動化の追求

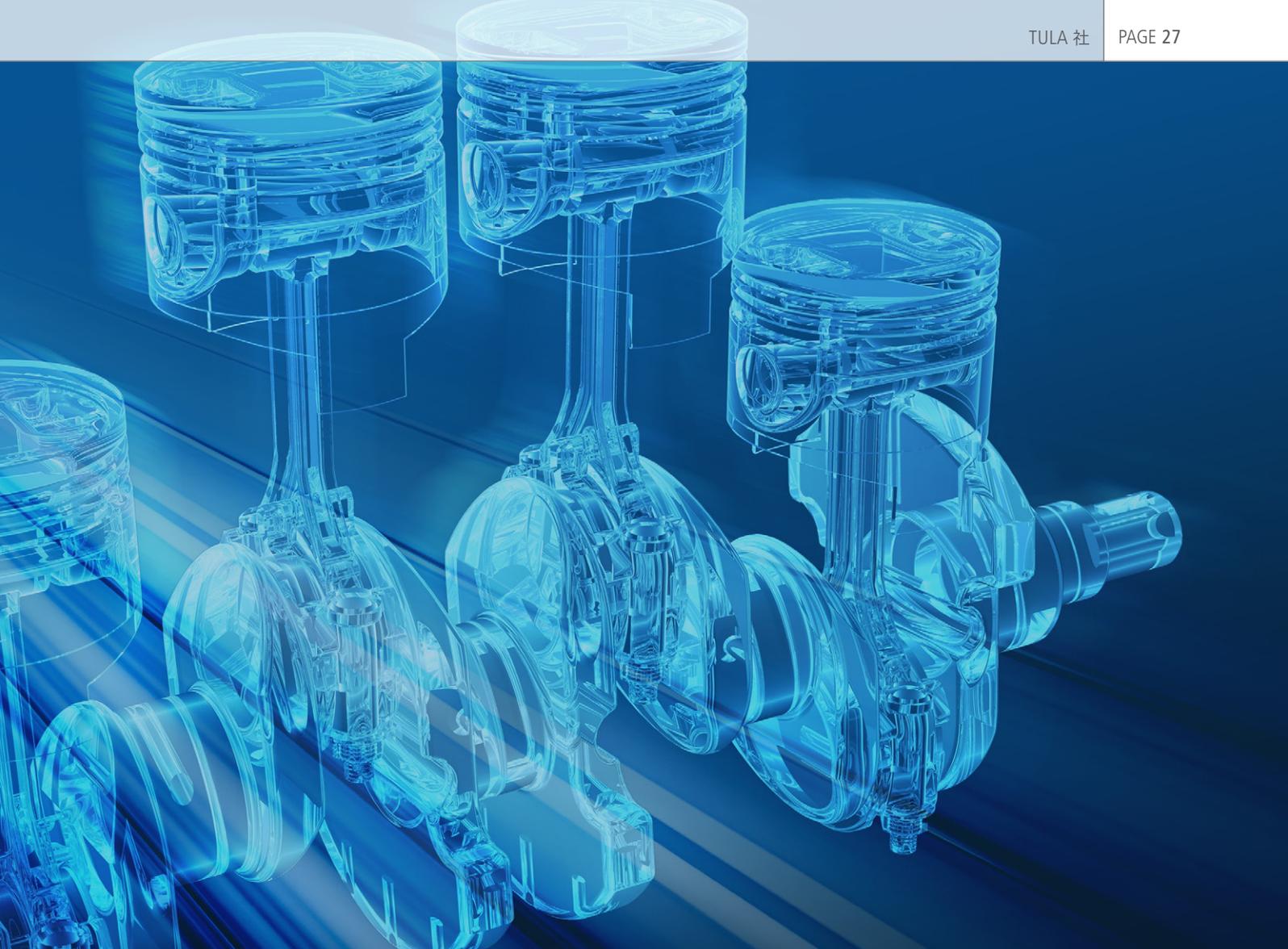
シリコンバレーのテクノロジー企業である Tula 社では、2008 年のカリフォルニア州サンノゼでの創立以来、DSF ソリューションの改良を重ねてきました。同社は、これまで 52 件の特許認定を受けており、現在 70 件以上の特許を申請中です。Tula 社は、組み込みソフトウェア開発と電子制御ユニット (ECU) のテストオプションの検討に着手した 2009 年に、初めて dSPACE の協力を打診しました。現在、同社ではテストプラットフォームの自動化を確立していますが、これには、ラピッドコントロールプロトタイピング向けの MicroAutoBox II、シグナルコンディショニング向けの RapidPro、エンジンのシミュレーションおよびテスト向けの HIL (Hardware-in-the-Loop) システム、試験管理向けの ControlDesk、アーキテクチャやシステムのモデリング向けの SystemDesk、標準化されたテストの書き込みや更新とテストデータの記録や共有を行うための AutomationDesk など、さまざまな dSPACE ツールが使用されています。同社は近年、自動化されたテスト機能のさらなる拡張に向けて、仮想検証環境を導入しました。この環境において、仮想検証向けのシミュレーションプラットフォームである dSPACE VEOS がラボで使用されています。

#### 迅速な妥当性確認と容易なバグ検出

Tula 社では、ソフトウェアライフサイクルの中で迅速に検証タスクを完了し、早期にバグを発見したいという考えのもと、2016 年に仮想検証について評価を行う

>>

**DSF**  
DYNAMIC  
SKIP FIRE



# Faster

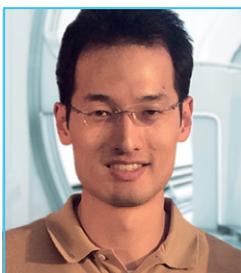
## Engine Validation

仮想検証により、妥当性  
確認および検証作業に  
要する時間を半減

物理的なハードウェアがない場合でも、より迅速にテスト作業を実行することができますか。シリコンバレーのテクノロジー企業である Tula 社は、仮想検証環境を確立し、それ以降、検証や妥当性確認の作業に必要な時間を 50% 短縮しました。



図 1：Tula 社の新しい妥当性確認および検証インフラストラクチャでは、dSPACE AutomationDesk によりあらゆるコードおよびテストスクリプトを体系化し、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 によりそれらを実行しています。



「私たちは、開発プロセスの早期の段階で PC と VEOS のみを使用してソフトウェアの妥当性を確認する方が多くの場合に時間を短縮できると気付きました。」

Alfred Wong 氏、組込みソフトウェアおよびシステム担当エンジニア、Tula Technology, Inc.

ことにしました。同社の組込みソフトウェアおよびシステム担当エンジニアである Alfred Wong 氏は、ソフトウェアのアップデートの検証や妥当性確認を行うプロセスには複数の相互的な問題があったため、実現には時間がかかったと説明しています。この問題は、チームメンバー間で HIL ベンチを共有する必要があることに起因しており、使用するハードウェアが異なるお客様や時間的制限のあるお客様などを同時に管理しなければならないという課題とも重なり、複雑化していました。そのため、同社はより良い選択肢を模索しなければなりません。Tula 社が仮想

検証環境を構築するうえでの主な目的は、次の通りでした。

- AutomationDesk で開発した既存のテストを再利用
- 物理ハードウェアを使用せずに、検証および妥当性確認のタスクを仮想環境で実行
- コストと保守時間の短縮

#### dSPACE ツールチェーンの利点

Tula 社では、すべての目的を実現できると思われた dSPACE 仮想検証ツールチェーンに注目しました。シミュレーションプラットフォームである dSPACE VEOS

は、このソリューションの主要コンポーネントの 1 つです。標準的な PC で動作し、多数のオプションを選択できる VEOS を使用することにより、同社のエンジニアは新しい機能を開発したり、ECU ソフトウェアの妥当性確認、検証、およびテストを完全な仮想環境で行ったりできるようになりました。仮想検証プラットフォームの導入以降、同社は求められる目標のすべてを実現し、目覚ましい成果を上げることができました。同社によれば、妥当性確認および検証 (V&V) の処理時間は 50% 以上短縮されており、このような時間節減の大半は、物理的なハードウェアがない場合で

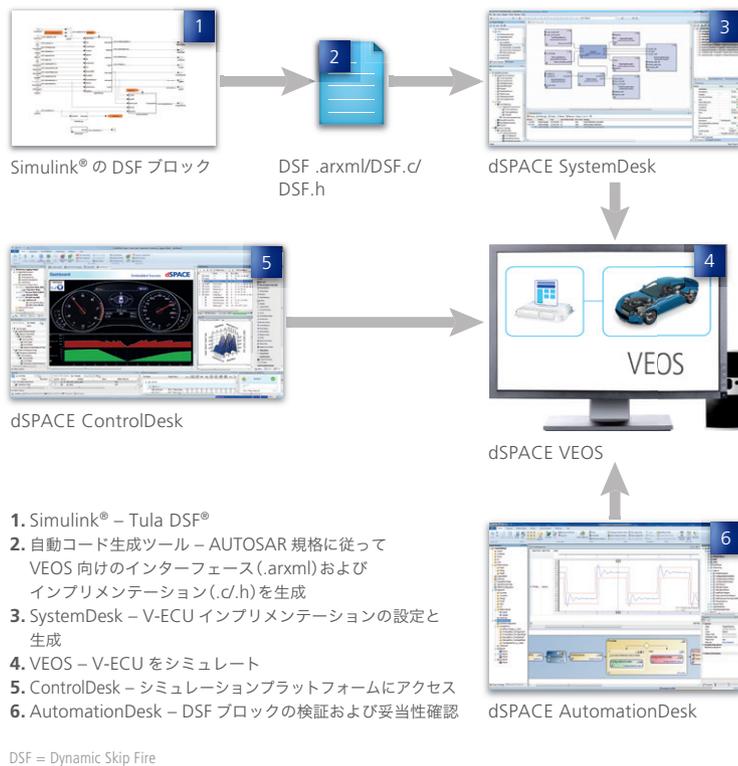


図2：Tula 社の DSF アルゴリズムを使用して V-ECU を生成し、VEOS でシミュレーションテストを行う場合の一般的なワークフロー

も仮想環境でテストを行えるという新たな手法により実現したと言えます。

#### 仮想検証を Simulink® ブロックに適用

Tula 社ではダイナミックスkipファイア (DSF) テクノロジーに仮想検証を導入しており、特に DSF アルゴリズムの Simulink® ブロックを仮想的に検証しています。生成した DSF アルゴリズムは FTP サイクルにおいて入力値としてバーチャル ECU 上で実行され、その出力が記録されます。次に、記録した出力 (SIL : Software-in-the-Loop) を出力の期待値 (MIL : Model-in-the-Loop) と比較して、要件が満たされているか判別します。Wong 氏は、「仮想検証によって時間を節約したり、ソフトウェアライフサイクルの早期の段階でバグを検出したりできるため、HIL ベンチを他の用途に開放することができます」とし、「以前より完成度の高いソフトウェアをエンジンや車両に実装することができます。」と述べています。

#### 学習曲線の屈曲

Tula 社では、仮想検証プラットフォームを

構築するうえで、学習曲線に目を向ける必要がありました。Tula 社では、同社製ソフトウェアの仮想環境へのインポート、ハードウェアコンポーネント向けの物理モデルの作成、同一の初期デフォルト値でテストを開始する必要性など、多くの課題がありました。Wong 氏は、入力値の生成にはシグナルジェネレータを使用しましたが、それ以外では入力値はハードウェアコンポーネントから生成する必要がありました。さらに、初期値をデフォルトに設定し、ソフトウェアが定常状態に達するのを待ってから stimulus 信号を挿入する必要もありました。Wong 氏は、仮想検証という手法は MicroAutoBox II を使用した機能プロトタイプに置き代わるものではないが、HIL 環境での時間を短縮できるため、十分にプロセスを補完していると説明しており、「当社では、開発用 PC で仮想検証を行うことにより、ソフトウェアライフサイクルの早期の段階で機能要件を検証しています」と述べ、さらには「この手法は物理的なハードウェアよりも安価であり、かつハードウェアを他の作業に開放できること

## Tula 社の仮想検証環境

Tula の仮想検証環境には、次のツールが含まれています。

- SystemDesk - アーキテクチャやシステムのモデリング、およびバーチャル ECU (V-ECU) の生成
- VEOS - V-ECU のシミュレーション
- MicroAutoBox II - ラビッドコントロールプロトタイプの実行
- RapidPro - シグナルコンディショニング
- HIL (Hardware-in-the-Loop) システム - エンジンのシミュレーションおよびテスト
- ControlDesk - 試験管理
- AutomationDesk - 標準化されたテストの書き込みや更新とテストデータの記録や共有

が利点です。」と述べています。Tula 社は次のお客様のプロジェクトにも、仮想検証を利用する予定です。■

Tula Technology, Inc. のご厚意により寄稿





# Quick Start

2.6 秒で 0 回転から 30,000 回転に  
到達

ヘリコプターのエンジンを高速に始動して、緊急時用の冗長安全エンジンとして使用できるようにするにはどうすればよいでしょうか。ミュンヘン工科大学のターボ機械および飛行推進科では、調整された圧縮空気を使用して、始動時間を最大 90% 短縮しています。

**安** 全上の理由から、現在のヘリコプターには、一般に 2 台のターボシャフトエンジンが搭載されています。この冗長性により、一方のエンジンが故障しても、もう一方のエンジンからヘリコプターの飛行維持や予防的着陸手順の開始に必要な出力が確実に得られるようになっています。そのため、複数のエンジンを持つヘリコプターでは通常、両エンジンの性能が同時に必要とされるのは離着陸時のみです。つまり、高速飛行中や上昇時にはエンジンの出力は一般的に余力がある状態です。離着陸時以外では常に、同時回転するエンジンは部分負荷域のみで動作しているため、燃料消費量は比較的高くなります (図 1)。現在では、エンジンの動作方式の最適化により、燃費向上の実現が図られています。

#### 目的：燃費向上

燃費向上のために、Intended Single-Engine Operation (ISEO：意図的単エンジン運転) という制御方法により、1 台のエンジンをオフにすることが考えられています。この場合、残りのエンジンの出力を上げる必要がありますが、それによって一定の燃費改善効果が得られ、その結果、燃費が向上し、排気ガスの排出量が低下

します。この手法は、沖合いにあるプラットフォームへの貨物航空便や長距離の陸上接続便など、一定の速度で比較的長距離を飛行するケースで特に有用です。現状のテクノロジーを活用すれば、最大 21% の燃料を節約できるという調査も示されています。

#### 問題：出力の喪失

ISEO モードで飛行する際は 1 台のエンジンしか使用しないため、必然的に飛行時の安全性も低下します。動作中のエンジンに何らかの問題が発生した場合でも、2 台目のエンジンの始動には標準的なスタータジェネレータで最大 26 秒かかる可能性があるため、直ちにエンジンの動作を引き継ぐことはできません。この始動フェーズでは、ヘリコプターのメインローターはオートローテーションのみで回転を続けます。つまり、回転を生じさせるのは降下中のヘリコプターの気流のみであり、ヘリコプターの高度は大幅に下がります。通常の降下速度を 15 m/秒とした場合、降下距離は 400 m 以上になる可能性があります。この時間の経過後、ようやく 2 台目のエンジンが再始動し、再び十分な出力が提供されることとなります。ISEO モードでの飛行時には、高度の低下

&gt;&gt;

を考慮する必要があります。これは、有効飛行範囲が制限されることを意味しており、これを回避するには、エンジン始動の迅速化が必要になります。

#### 解決策：エンジン始動時間の短縮

通常、小型ヘリコプター用のガスタービンは、バッテリー駆動モーターで始動します。このタイプのスタータシステムは重量に合わせて最適化されているため、コアエンジンであるガスジェネレータのシャフトには限られた加速トルクしか提供できません。また、モーターとエンジン間のトランスミッションギアは、高いトルクに対応するには設計されていません。そのため、エンジンの始動フェーズを短縮するには、その他の方法が必要です。ヘリコプターの大抵のターボシャフトエンジンでは、コアエンジンシャフトの力が大きいので、圧縮空気の強力な噴射をコアエンジンのラジアルコンプレッサブレードの翼後縁に向けてることによってすばやいシャフトの回転を促すコンセプト（図2）は、極めて効果的です。

#### 目標：信頼性の高い自動スタート

クイックスタートシステムには、完全な信頼性が求められます。また、ISEO 自体が、クイックスタートシステムを搭載する際の重量を考慮してもなお十分ほど、大幅に始動時間を短縮できるコンセプトでなければなりません。ミュンヘン工科大学の研

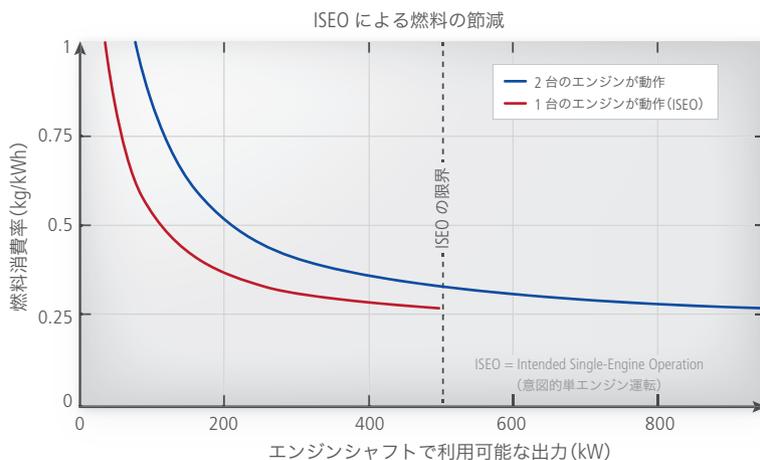
究チームは、主に解析計算を行っています。このような種類のシステムに関する実験も行っています。同大学のラボ内のテストベッドでは、この実験のために Allison 250-C20B ターボシャフトを使用しています。最初の機能テストでは、5つのラバーノズル（高速気流に適した特殊形状ノズル）を統合した改良型のラジアルコンプレッサ筐体を設計しました。同チームは最初に、テストベッド上に13パールの圧縮空気を供給して、ノズルへの給気を行いました。次のステップでは、200パールの圧縮空気タンクを使用しました。

#### 要件と課題

高い気圧に対処しながら、エンジン制御ユニットの反応時間を最適化することは、非常に大きな課題でした。なぜなら、クイックスタート時に100分の1秒単位での計算を行いながら、一方で、制御対象のコンポーネントを迅速かつ正確に動作させる必要があるためです。始動に必要な計算上のクイックスタート時間はわずか3秒であり、その間にエンジンは停止状態から30,000回転/分まで加速します。これは、コアエンジンの設計上の回転速度の60%に相当します。この間に、コントローラは、一定の回転速度に達した際の燃料放出バルブ制御や、圧縮空気バルブを閉鎖するための信号送信など、さまざまな制御および監視タスクを実行する必要があります。また、燃焼室後部のガ

- 1 高圧タービン：燃焼室からの高温のガスを減圧した後、コンプレッサおよびトランスミッションを介して付属装置を駆動します。最高回転速度は約 50,000 rpm です。
- 2 低圧タービン：高圧タービン通過後の高温のガスを減圧してから、トランスミッションを使用してヘリコプターのローターを駆動します。最高回転速度は約 30,000 rpm、連続出力は 298 kW です。
- 3 コンプレッサ：6つの軸方向ステージとラジアルパワーステージで構成されます。最大空気流量は約 1.5 kg/s、最大圧縮比は1:7です。燃焼室に圧縮空気を供給します。
- 4 噴射エレメントと点火プラグを備えたつぼ型の燃焼室。
- 5 燃料計量ユニット。dSPACE システムで制御します。
- 6 通常のエンジン始動用の電動スターターモーター。
- 7 排気ディフューザ。排気ガスを大気圧まで減圧します。
- 8 電磁渦電流ブレーキ。dSPACE システムで制御します。ヘリコプターのローター、ヘリコプターの出力要件の順にシミュレートします。
- 9 エンジンの空気供給システム。
- 10 圧縮空気ボトル（最大 230 パール、15 リットル）。クイックスタートに必要な圧縮空気を供給します。

図1：一般的には2台のエンジンが最適とは言えない部分負荷で動作しますが、ISEOを使用すると、1台のエンジンのみがより高い負荷で動作するため、エンジンがより優れた燃費域で動作ようになります。その結果、1台のエンジンの動作のみで2台のエンジンを同時運転する場合と同等のパフォーマンスを実現することができ、燃費も向上します。



ス温度など、セーフティクリティカルな値も監視する必要があります。テスト操作ではさまざまなクイックスタートパラメータを設定する必要があるため、同大学では、計器、表示部、入力マスクなどの設定オプションが多数用意されている dSPACE ControlDesk などの GUI を活用しました。これらは極めて有用でした（図4）。

#### 制御システムの予備開発

同大学のチームは、事前にクイックスタート制御システムをテストするため、MIL (Model-in-the-Loop) テストを実施しました。そのため、MATLAB®/Simulink® 上で、始動フェーズモデルをエンジンの既存のリアルタイム対応準非線形状態空間モデルに追加しました。同チームでは、計測データに基づいて、エンジンの通常の動作範囲を停止状態とエンジンアイドル

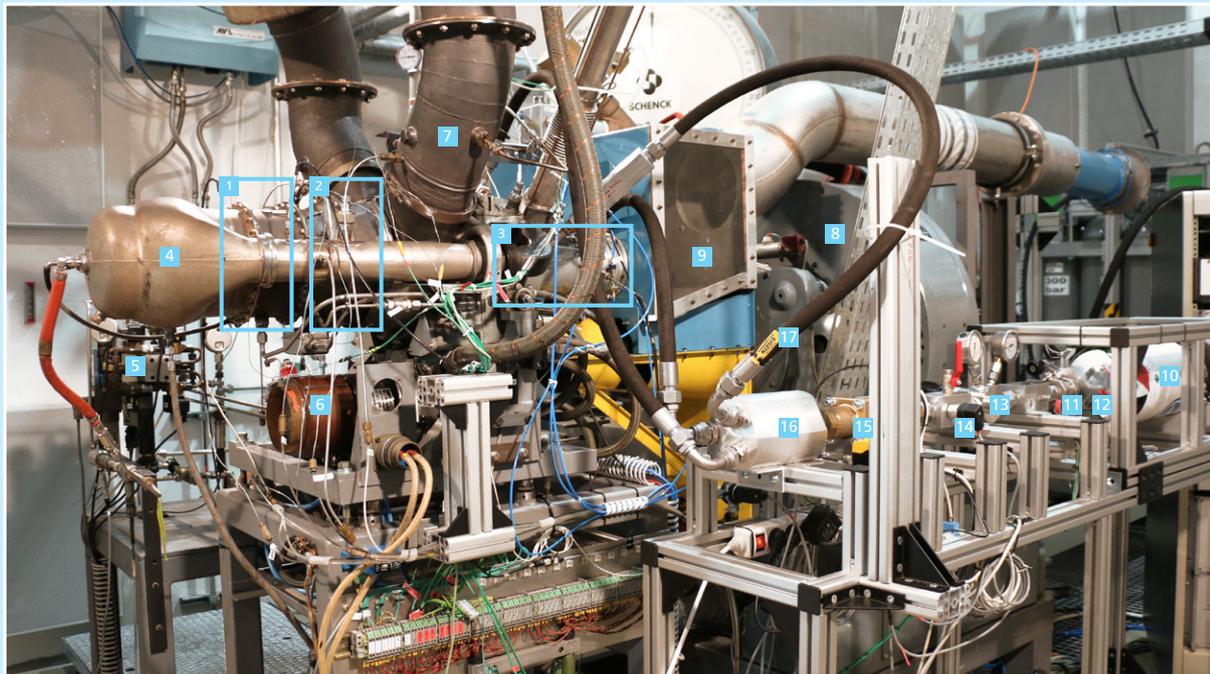


図 2 : Allison 250-C20B ターボシャフトエンジンを搭載したテストベッドの概観

- 11 ボトル充填時にメイン圧力ラインを閉鎖するためのボールバルブ。
- 12 ボトル充填バルブ、圧力計測、および温度計測用アダプタ。
- 13 ノズルの固定出力圧力を維持するための調整可能な圧力レギュレータ。
- 14 保守作業時の圧力解放制御、圧力計測、および温度計測用アダプタ。
- 15 クイックスタートでの圧縮空気解放用の同軸バルブ。dSPACE システムで制御します。
- 16 3つのノズル供給ライン用のディストリビュータブロック。
- 17 ノズルの接続用チューブ。

## 「オープンで強力な dSPACE リアルタイムシステムでは、MATLAB/Simulink を通じて新しい制御機能を迅速かつ効率的に実装し使用することができます。」

Martin Kerler 氏、ミュンヘン工科大学

グの間の範囲にまで拡張しました。また、実際のクイックスタートシステムを数値によって 1 次元でシミュレートし、急加速トルクなどの必須のシステム値を定義し、それらの値からバルブ開放時間などの重要な制御パラメータを導き出しました。これらの値は追加のクイックスタート制御アルゴリズムに含めました。これらの中には、燃焼室で発生した高温ガスによりコアエンジンを急加速する場合に必要な燃料の噴射量を指定するアルゴリズムもありました。同チームは、これらのアルゴリズムを早期の段階でテストすることにより、クイック

スタートを完全に自動化した場合の潜在的な問題を解決し、関連する制御アルゴリズムの妥当性を確認することができました。次に必要なステップは、試験エンジンにクイックスタートシステムを実装することでした。

### 統合型制御システムのセットアップ

同チームは、デュアルコア搭載 DS1007 PPC Processor Board、DS2103 Multi-Channel D/A Board、PX10 拡張ボックスの DS2002 Multi-Channel A/D Board で構成された dSPACE システムを

エンジン制御に使用しました。32 チャンネルの入出力ボードは、エンジンやクイックスタートシステムにおけるさまざまな制御タスクや監視タスク向けに十分な能力を提供します。Simulink でモデリングしたコントローラは、プロセッサボードの 2 つのコアに分散しました。1 つ目のコアでは、入出力値の前処理と後処理を行い、エンジンパラメータを監視します。これには Simulink の仮想エンジンモデルも組み込まれており、実際のエンジンと同時に動作します。2 つ目のコアは、実際の制御タスクを処理します。このようにして、1 ミ

>>

リ秒というコントローラ更新周期を実現することができました。同チームは dSPACE ControlDesk を使用して GUI を作成し、エンジンとクイックスタートシステムの制御および監視を行いました。この GUI では、エンジンの動作中でもエンジンコントローラを再コンパイルすることなく、制御パラメータを変更することができます。20 年以上にわたって定期的に更新されている dSPACE システム（ハードウェアおよび ControlDesk）と MATLAB/Simulink の組み合わせは、同大学のテストベッドにおけるテストおよび研究活動に適した強力な開発ツールになりました。また、このシステムは継続的な開発タスクにも見合う十分な低価格で提供されているため、長期間にわたり使用することができます。

#### 最初のテスト運転の結果

200 バールの独立型圧縮空気供給システム搭載エンジンによる最初のテスト運転の目的は、エンジンをとりわけ安全性が高く再現可能な状態で迅速に始動することでした。エンジンのコンプレッサはわずか数ミリ秒で通常動作へと移行するため、圧縮空気ノズルをオフにする際の切り替え時間は特に重要でした。最初のテスト運転後、同チームが若干のパラメータを調整したところ、非定常加速プロセスから定常アイドリングへの移行を安定化することができました。クイックスタートシステムでは、エンジン始動時間が一

般的な 20° C の周囲温度で 90% 削減、すなわち 26 秒からわずか 2.6 秒に短縮されると同時に、コアエンジンの加速は 30,000 回転 / 分にまで達しました。圧縮空気タンク内の圧力は 200 バールから 100 バールに低下し、1.52 kg の圧縮空気が消費されました。

#### まとめと今後の展望

このテスト運転では、独立型圧縮空気供給システムを搭載した 300 kW ターボシャフトエンジンにおいて、エンジンのクイックスタートを確実に実行することができました。達成した始動時間は予測値を上回っており、理論的にはさらに短縮可能です。現在行われている追加研究の焦点は、クイックスタート時の熱力学的燃焼プロセス、システム動作が摩耗や製品ライフサイクルに与える影響、完全なヘリコプターパワートレインのエミュレーションです。さらに、同大学のチームでは、ヘリコプターに組み込み可能な、重量および体積が最適化されたバージョンをテストできるようにするため、より高圧かつ新しいノズル形状を備えた圧縮空気システムをテストしたいと考えています。dSPACE システムは、開発およびテストプロセス全体で使用されており、テストの成功に大きく貢献しています。 ■

Martin Kerler 氏、  
ミュンヘン工科大学

- 1 エンジン状態の表示部
- 2 燃料消費量の表示部
- 3 エンジンパラメータの警告表示部
- 4 緊急時のエンジン制御部
- 5 通常時のエンジン制御部
- 6 クイックスタートシステムのオン/オフ部
- 7 点火プラグのオン/オフ部
- 8 電動スタータモータのオン/オフ部
- 9 MIL または HIL シミュレーションの選択部
- 10 圧縮空気供給源の選択部
- 11 通常始動またはクイックスタートの選択部
- 12 エンジン制御の選択部：ヘリコプターシミュレータまたはテストベンチ
- 13 エンジン限界値の設定部
- 14 重要なエンジンパラメータに関する警告表示パネル
- 15 エンジンおよびクイックスタートシステムに送信されるコマンドの D/A 表示部
- 16 FADEC（全デジタル電子式エンジン制御装置）入力計測値の A/D 表示部
- 17 抽気バルブ制御パネル
- 18 電磁渦電流ブレーキ制御パネル
- 19 ポンプ検出口ロック制御部
- 20 FADEC の追加表示および要素選択部

図3：ガスタービンの通常始動（赤）とクイックスタート（緑）の比較。クイックスタートでは 2.6 秒以内に最高速度の 60% に到達します。通常始動に必要な 26 秒と比較すると、開始時間は 90% 短縮されます。

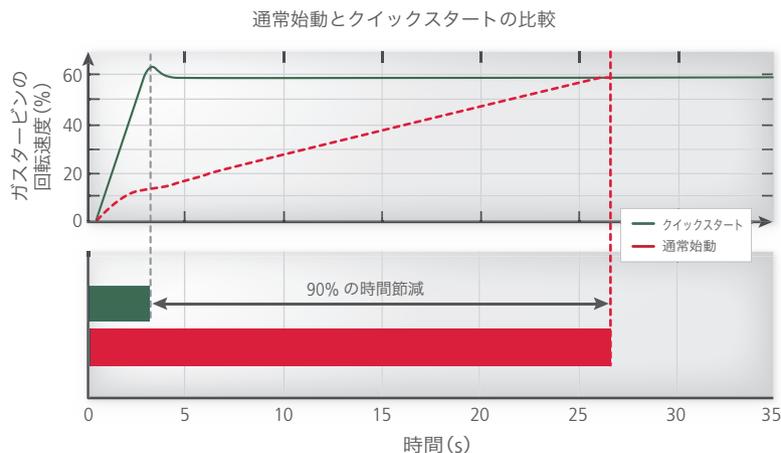




図 4 : dSPACE ControlDesk の GUI により、エンジンテストのさまざまな制御および表示パラメータを明確に表示することができます。

「dSPACE ControlDesk を使用すると、エンジンの動作に関連するすべての計測値および制御パラメータを明確に表示することができます。ControlDesk は極めて柔軟性に優れているため、新しいアイデアをすばやく実装することが可能です。」

Martin Kerler 氏、ミュンヘン工科大学

Martin Kerler 氏

ターボ機械および飛行推進科の研究員  
(2017年9月末まで)、ミュンヘン工科大学 (ドイツ)

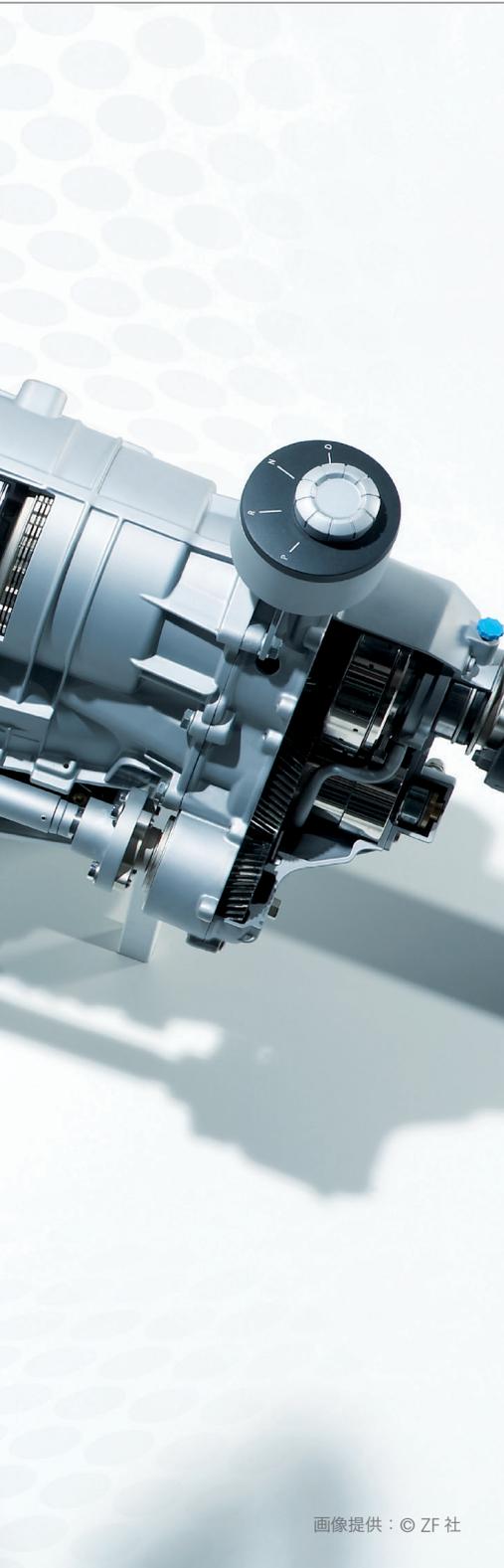




テストドライブと実負荷のシミュレートにより、ZF社のドライブトレインをテスト

# Virtual Torque

ZF テクノロジグループでは、新しい実際のドライブトレインのテストや妥当性確認を開発の早期の段階で行うため、仮想ソリューションを積極的に利用しています。同社は、高度に動的なテストベンチを使用することで、テストトラック、車両全体、そしてドライバーさえも現実的にシミュレートしています。ここでは、dSPACEのASM ツールスイートが活用されています。



画像提供：© ZF 社

**今** 日の車両のドライブトレイン設計は、多数の駆動タイプに適合できるよう、モジュール化が進んでいます。現代の車両のトランスミッションには、オートマチック、デュアルクラッチ、マニュアル、オートメテッドマニュアルに加え、純粋な Electric Drive や、さまざまなハイブリッド構成も採用されています。さらに、セントラルドライブ、アクスル近接ドライブ、およびインホイールドライブなどの区分もあります。そのため、これらの構成のすべてにおいて高い再現性や信頼性でテストを実施できるテストベンチが不可欠となっており、さらにはオープンかつ変更が容易な車両シミュレーションモデルも必要になっています。

#### ドライブトレイン向けのテストベンチを使用する理由

ZF 社では、高度に動的なテストベンチを使用することにより、可能な限り早期の段階でドライブトレインの機能とライフサイクルのテストを行っています。動的なテストベンチを使用すると、シミュレート対象の車両の実際のドライブトレイン全体をテストすることができます。このようなテストの目的は、さまざまなドライブトレインと車両構成を現実的にシミュレートすることです。ただし、これらのシミュレーションは、実車によるテストドライブで発生するすべての負荷（集合負荷）と、考えられるすべての機能や構成における車両の挙動を完全にカバーし、可能な限り現実に即して行えなければなりません。ドライブトレインを現実的に評価し、テストベンチ上で最適化するためには、それが前提条件になります。解析段階においては、推進エンジンおよびトランスミッション間の相互作用など、車両のアクティブコンポーネントの挙動をシミュレートすることが重要です。これにより、ドライバーの好みに応じて快適かつ動的にシフトできるギアを実現することができます。つまり、ドライバーの運転の仕方が慎重かスポーティかといっ

た運転動作の違いも考慮しなければなりません。さらには、ペダルの操作やステアリングホイールの動きも現実に即して反映する必要があります。

#### 確固たる基盤としてのシミュレーション

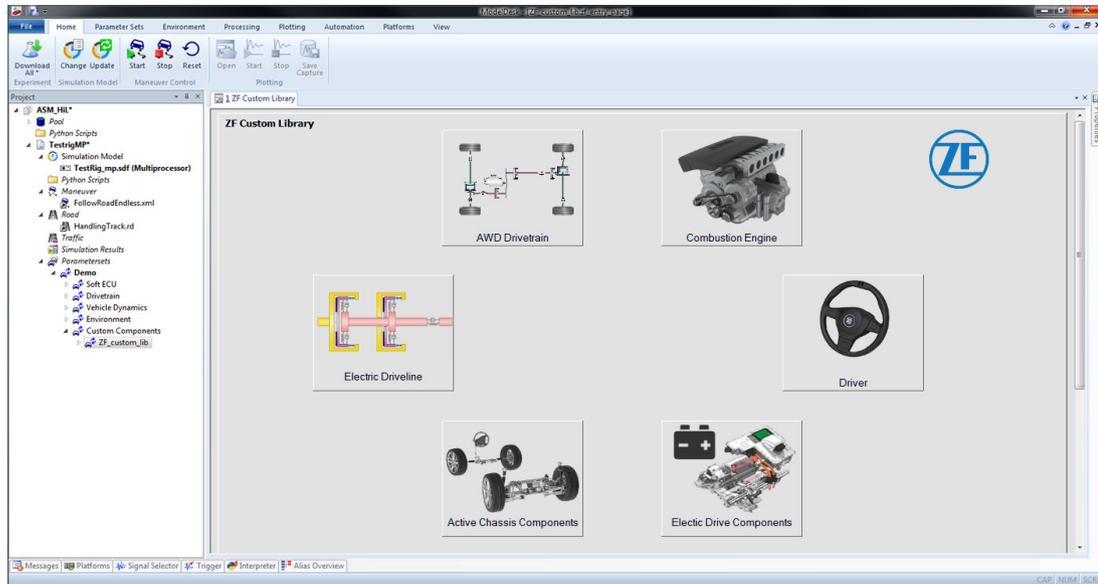
ZF 社では、高度に動的なテストベンチを設計するうえで、まず車両のシミュレーションを行うのに最適なソリューションを見つける必要がありました。つまり、同社のエンジニアはテストベンチの制御に適した動的挙動を持つバーチャルピークルを構築する必要がありました。通常、バーチャルピークルの構築には、必要なすべての車両タイプごとにセットアップやパラメータ化を柔軟に行えるリアルタイムシミュレーションモデルが必要となります。同社では、技術的および経済的な観点、さらにはプロセス関連の各種要因を評価し、Automotive Simulation Models (ASM) ツールスイートが最適な選択肢であると判断しました。ASM の主な利点は、モデル構造がオープンであることに加え、シミュレーション環境を追加しなくても使用できることです。これにより、ライセンスの追加料金が不要になります。

#### バーチャルピークルのセットアップ

ZF 社が ASM により構築したバーチャルピークルは、前輪駆動、後輪駆動、および四輪駆動のほか、すべてのハイブリッドドライブおよび Electric Drive モデルをカバーしており、同社が使用した ASM Vehicle Dynamics モデルには、必要なピークルダイナミクスの機能が搭載されていました。ZF 社では、ガソリンエンジンやディーゼルエンジンを搭載したドライブユニットのシミュレーションの際には、独自のモデルをモデル環境にシームレスに統合して使用しました。また、ASM Environment モデルに基づいた環境モデルを使用することにより、道路やその路面条件、傾斜、勾配などのさまざまな属性をシミュレーションに反映し、シミュ >>

「当社では、アクティブドライブトレインを最適な状態で使用するため、ASM ツールスイートを活用して現実に即したテスト走行を実施しています。」

Oliver Maschmann 氏、ZF 社



ModelDesk の概要ページでは、ユーザ固有のモデルライブラリに簡単にアクセスすることができます。

レーションの質を向上させることができました。シミュレーションには ASM Traffic モデルも含まれていたため、周辺トラフィックを考慮することも可能でした。さらに、操舵式リアアクスルやアクティブショックアブソーバなど、ZF 社のライブラリに存在していたその他のモデルを車両の全体モデルに統合することもできました。オープンな構造である ASM は、たとえば、開発者は開発済みのコンポーネントで必要となるさまざまな信号に正確にアクセスすることができるなど、利便性に優れていた

め、ZF 社のモデルを統合する作業は極めて容易でした。

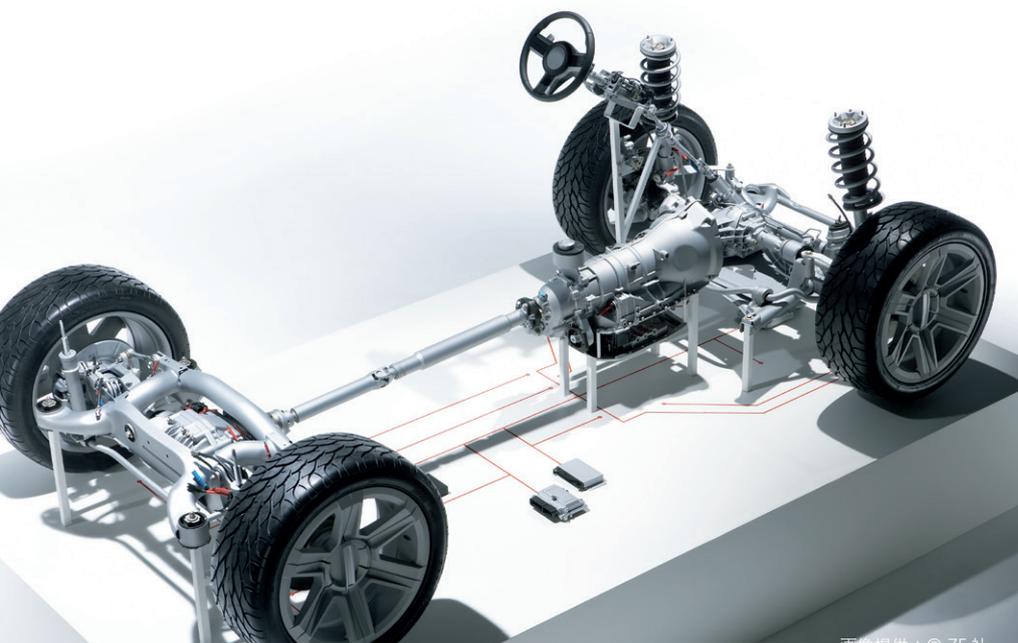
#### GUI の実装

テストベンチおよびシミュレーション環境は、複数の開発現場で使用されるため、同一の構成であることが求められるだけでなく、容易かつ直感的に使用できる必要があります。この要件に対応するため、ASM には dSPACE ModelDesk が搭載されています。ModelDesk には、モデルをパラメータ化したり設定したりするため

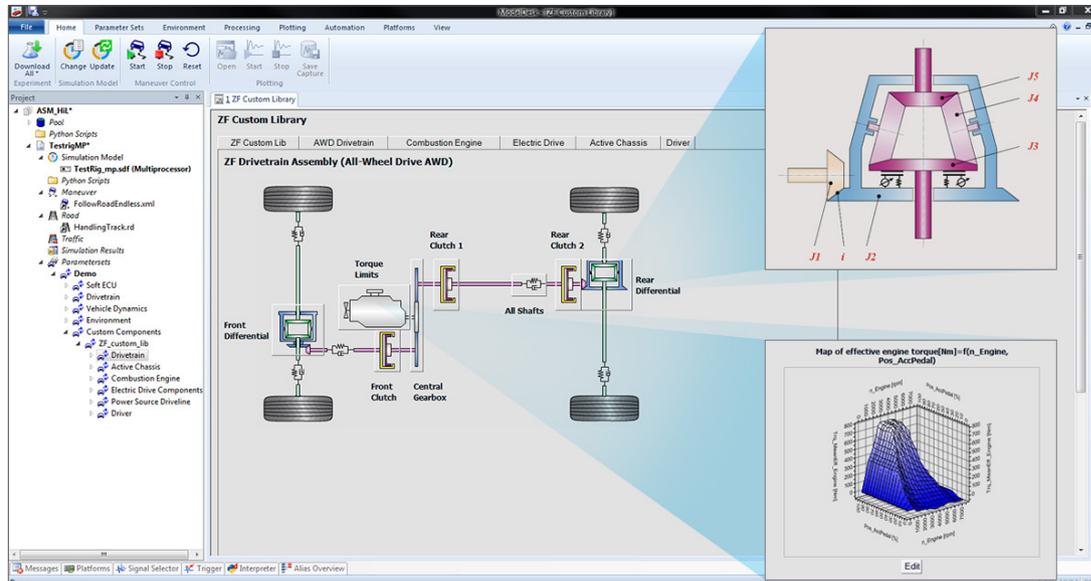
の GUI が用意されています。ZF 社の開発者は、これを使用することで、単一のユーザインターフェースのみから、さまざまな準備済みのテストプログラムやシミュレーションを実行することができます。さらに、一連のプロセスはスクリプトによって容易に制御し、自動化することができます。ModelDesk はすべての ASM ライブラリで使用することが可能でした。また、ModelDesk にはパーサが組み込まれており、これを使用してモデルを解析したり、ツール自動化用のすべてのパラメータマップ、およびインターフェースを含む機能フレームワークを自動的に生成したりすることができます。そのため、開発者は、同社のライブラリに存在する独自モデルに対応した適切なユーザインターフェースを自動で生成することができました。ModelDesk では、このフレームワークを HTML ウェブサイトとして提供します。さらに、Cascading Style Sheets (CSS) を使用すると、作成したすべてのユーザインターフェースを ZF 社の設計要件に従って統一的に実装することができます。しかも、このために必要な手作業はほんのわずかです。そのため、より大規模なライブラリであっても、すべてのページを 1 日で作成することができます。

#### 導入に向けた準備

ZF 社では、シミュレーション環境のセットアップが完了した後、その妥当性を確認する必要がありました。シミュレートし



画像提供：© ZF 社



ユーザ固有のモデルライブラリの内容がわかりやすく表示され、変更も容易に行うことができます。

た車両は、同じ条件下（速度、ステアリング角など）で同じ結果（ヨーレート、縦方向加速度、横方向加速度）を返す必要があります。そのため、開発者は、実車からのベンチマーク計測値を使用しました。また、ペダルやステアリングシステムの妥当性や現実的な操作を確認するため、同社の要件に従って拡張および最適化したドライバーモデルも使用しました。さらには、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 も活用しました。これにより、テストベンチでテストを実行する前に、自身の PC 上で仮想的にセットアップ全体を始動させることができ、必要な場合は、テストケースだけでなくすべてのプロセスをリアルタイムよりもはるかに高速に実行することができました。VEOS では何百キロメートルもの長距離のテストドライブでも数分以内に完了できるため、開発者がそうしたテストドライブをシミュレートする必要がある場合には非常に便利でした。また、ASM と VEOS を組み合わせることにより、開発プロセスにおける一貫性と効率性も向上しました。さらに、オープンアーキテクチャであるため、おおまかな案に過ぎない Functional Mock-up Units (FMU) や機能のアイデアなども、Simulink 内で自由に使用することができました。また、処理性能に優れた ModelDesk を使用して適宜データを準備することにより、計測データを容易にシミュレーションに組み込むことも可能でした。

#### 評価と次のステップ

ZF 社では、ピークルダイナミクスのシミュレーション向けに ASM ツールチェーンを導入したことで、テストベンチでのドライブトレインの現実的なテストに向けた重要な一歩を踏み出しました。同社の環境モデルは、高度に動的な 4 輪テストベンチにおけるサイクルタイムや精度に関する厳しい要件を満たしています。また、テストベンチ上で集合負荷を自動的にクロードループでテストドライブするというシミュレーション手法は、お客様のソフトウェアを使用してドライブトレインのテストを行う場合に適していることも証明されています。これらのテストドライブでは、走行時の快適性の基準を分析することもできます。同社のシステムは継続的に拡張されており、今後はより大規模な道路網や交通流量を利用したテストドライブを自動的に行うこともできるようになります。このツールチェーンは世界中で入手可能であり、世界各地のさまざまな ZF 社の開発拠点で購入することができます。ユーザは、ZF 社独自のライブラリを活用することで、ZF の全拠点で同一構成のテストベンチを作成し、全く同じ方法で利用することができます。■

Oliver Maschmann 氏、ZF 社

#### ドライブトレイン向けテストベンチの要件

##### シミュレート対象のコンポーネント：

- ステアリング搭載のアクティブシャシ
- ハイブリッドモジュール搭載の内燃エンジン
- アクティブリアアクスルキネマティクス
- ピークダイナミクス
- 縦方向および横方向のドライバー
- ソフト ECU

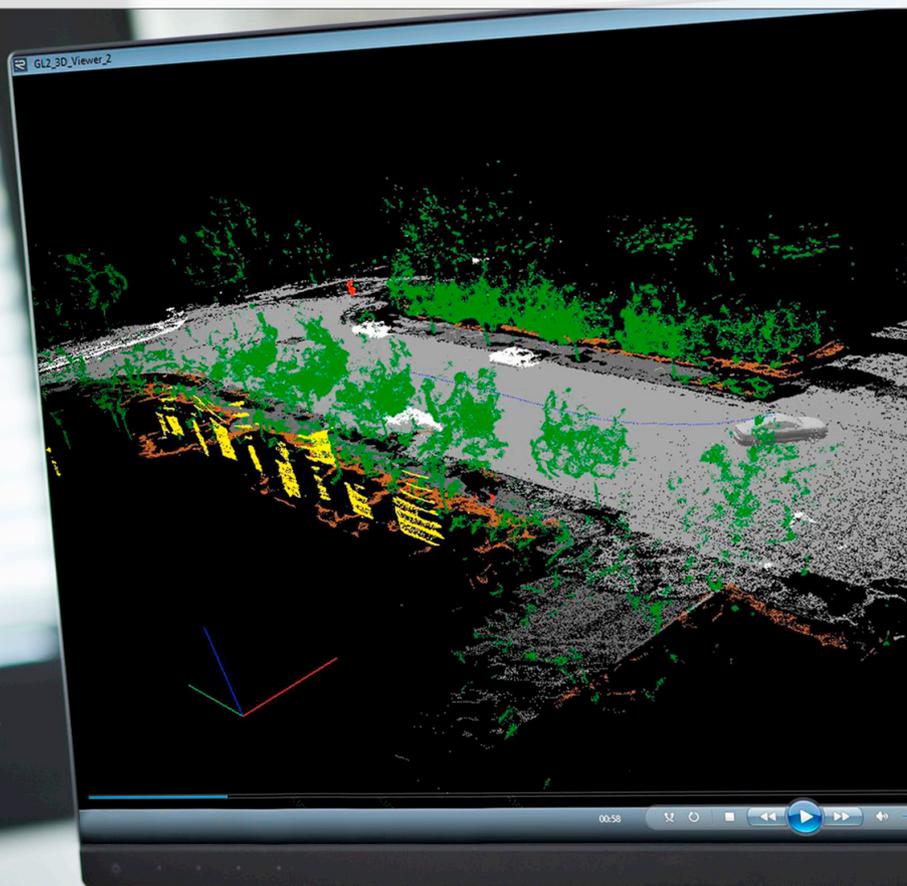
##### 必要な柔軟性：

- 実際のエミュレート済みのドライブトレインを使用
- ドライブトレインのアクティブコンポーネント（アクティブアクスルディファレンシャル、切替式四輪駆動、ディファレンシャルロックなど）
- 追加設定向けのドライブトレイン内のモジュール型インターフェース

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）





# Where Am I?

SLAM アルゴリズムを利用  
した環境認識

自動運転の構想を現実のものとするためには、車両の位置をあらゆる環境のあらゆる時点において常に認識できるようにする必要があります。また、これは詳細な地図や衛星ナビゲーションが利用できない場合でも必要です。このような場合、SLAM アルゴリズムは優れたソリューションを提供します。

**自** 動運転にとって、周辺環境における車両の正確な位置を認識することは重要な前提条件です。最も一般的なソリューションは、正確な地図と衛星または慣性ナビゲーションシステム（慣性計測ユニット、IMU）、および推測航法（移動方向と速度を利用した位置認識）に

よるナビゲーションを使用することです。ただし、現状のこれらのシステムでは詳細な地図をつなぎ合わせたネットワークしか利用できないうえに、衛星支援測位システムの精度も不十分な場合が多々あります。この問題の解決策となるのは、各種の SLAM (Simultaneous Localization

And Mapping) アルゴリズムです。これらのアルゴリズムは、LiDAR などの環境センサから受信したデータを利用して車両環境全体の 3D マップを生成し、周辺環境における車両の位置を特定します。この場合、取得した 3D データと比較したり調整したりできるおおまかな地図データな



ど、現在の環境で入手できるデータが多ければ、それだけアルゴリズムの動作精度が向上します。

### RTMaps における SLAM アルゴリズムの使用

マルチセンサ開発環境である RTMaps (Real-Time Multisensor applications、情報ボックス「製品の特長：Intempora 社の RTMaps」を参照) では、あらかじめ設定されたコンポーネントライブラリが含まれており、Dibotics 社の Augmented LiDAR 3D SLAM アルゴリズムを利用できます。RTMaps は、dSPACE ツールチェーンに統合されています。SLAM アルゴリズムは、センサデータベースの認知および位置特定アルゴリズムであり、センサフュージョンもオドメトリ (ホイール回転など、推進システムを利用した位置推定) も必要ありません。SLAM アルゴリズムでは、わずか 1 つの LiDAR センサのデータを基に、多数のデータセットを組み合わせることで 3D モデルをリアルタイムに生成します。3D モデルはさまざまな視点から確認することができます。また、検出したオブジェクトの分類情報も含まれており (図 1)、周辺環境における自車の位置の特定も可能です。さらに、環境モデルはその後の開発ステップの土台として使用することができ、軌道計画やモーションコントロールなどの自動運転向けアプリケーションを開発するうえでも有用です。RTMaps の SLAM ライブラリは、テストドライブ中に取得したセンサデータを再生する際に使用します。RTMaps は、単純かつ直感的に使用できるブロックベースの開発環境です。そのため、最初にコンポーネントライブラリから必要なコンポーネントをドラッグアンドドロップでダイアグラムに追加し、次にコンポーネントをダイアログに従ってパラメータ化し、最終ステップで必要に応じてデータリンク経由で接続を行います。あとはボタンをクリックするだけでアプリケーションを実行およびテストできるようになります。ここでは、記憶媒体に保存した生データが再生ブロックを

介して再生され、SLAM アルゴリズムおよびセグメント分割アルゴリズムに転送されます。アルゴリズムの出力は、3D ビジュアル表示ブロックによってグラフィカルに表示されます。マウスを使用して操作すれば、3D モデルの視点を変更することもできます。RTMaps にはマルチスレッド機能と効率的なメモリ管理機能が搭載されているため、複雑なアルゴリズムであっても非常に効率良く実行することができます。

### 車両での自動運転機能の開発

車両でアルゴリズムのプロトタイピングとテストを迅速に行うには、アプリケーションを実際の環境センサに接続する必要がありますが、これは、RTMaps ダイアグラムの再生ブロックを、センサデータを取得するコンポーネントに置き換えるだけで実施できます。この開発環境にはカメラ、レーダー、LiDAR、および車両バスを接続するためのさまざまなインターフェースが用意されており、タイムスタンプを発行して時間相関性のあるセンサデータを取得、処理、および再生することも可能です。自動運転機能の開発では、生成した 3D 環境モデルの情報を処理するために状況分析や軌道計画などの特定のアルゴリズムを頻繁に使用します。RTMaps では、これらのアルゴリズムを C++、Python、または Simulink® コード形式の独自コンポーネントとして統合することができます。開発者は、このような独自のアルゴリズムを組み込む際に、Windows® および Linux の SDK ウィザードやサポート用の多数のコード例を使用できます。車載開発プラットフォームである dSPACE MicroAutoBox 上で実行される制御アルゴリズムとの間で必要なデータのやり取りは、モーションコントロールなどを通じて直接行うことができます。dSPACE ツールチェーンに RTMaps をシームレスに統合するには特別なコンポーネントライブラリを使用します。これにより、データの時間同期転送を dSPACE リアルタイムプラットフォームで行えるようになります。 >>

RTMaps は、自動運転向けのアルゴリズムの作成に必要なすべてのステップを備え、組み込みプラットフォーム上での開発作業を実現することにより、開発者をサポートします。

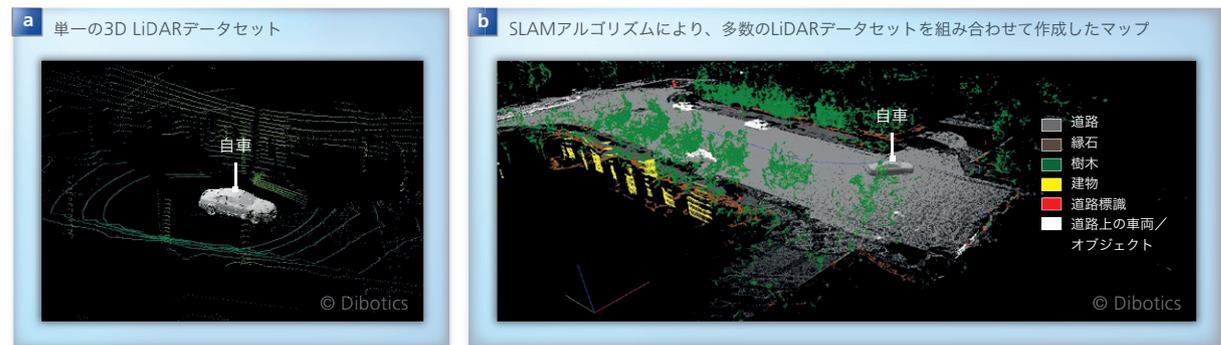


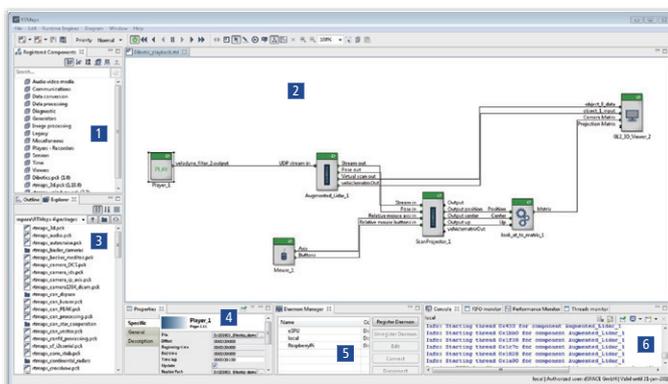
図1：個々の未処理のLiDARポイントクラウド (a) および多数のLiDAR データセットから構築した3Dマップ (b) の比較により、SLAM アルゴリズムの有効性が明らかに示されています。

### PC から組み込みプラットフォームまで継続的に作業

開発プラットフォーム上に演算処理リソースやハードウェアアクセラレーション用のリソースなどが存在すると、複雑なアルゴリズムを実行する際の動作に影響を与える可能性があります。このため、開発者の多くは、可能な限り早期にターゲットプラットフォーム上で開発を行いたいと考えています。このような場合に RTMaps の便利なツールを利用すれば、開発者は選択するプラットフォームにかかわらず、常に PC 上の使い慣れた環境で開発を行えます。Remote Studio Connector (図3) を使用すると、キーボード、マウス、またはモニタを接続することなく、プラットフォームから TCP/IP 接続経由で直接 RTMaps ダイアグラムを処理および実行することが

できます。また、開発者は常に選択したシステムに適したコンポーネントライブラリを使用して作業することができ、選択したプラットフォームのデータシステムから直接アプリケーションをロードしたり保存したりできるため、作業環境の利便性も自動的に向上します。さらに、パラメータ設定オプションを活用すれば、ターゲットプラットフォームをオンに切り替えると同時にランタイム環境で目的のアプリケーションをロードし作業を開始することも可能です。RTMaps Studio に組み込みプラットフォームのサポートを追加すると、開発者は使い慣れた自分の PC 環境から組み込みプラットフォームを簡単かつ便利に操作できるように、自動運転機能のプロトタイプをこれまでになく高品質で実行することができます。■

図2：RTMaps のユーザーインターフェース。モジュール型の開発環境により、幅広いマルチセンサアプリケーションを容易に処理することができます。そのために、総合的なコンポーネントライブラリが用意されています。



- 1 **コンポーネントライブラリ** – RTMaps 環境で登録されている、または利用可能なコンポーネントモデルを表示します。これらのコンポーネントモデルは、(センサ、ビューフ、画像処理などの)機能ごとに分類されます。
- 2 **RTMaps ダイアグラム** – アプリケーションダイアグラムの作成に使用されます。この例で使用されているコンポーネントは、LiDAR データの再生用ブロック、Dibotics 社製の SLAM およびセグメンテーション用コンポーネント、視点を設定するためのマウス制御、および 3D ビジュアル表示です。
- 3 **Explorer および Outline** – Explorer：コンピュータ上のローカルディレクトリのビューを提供します。通常は、RTMaps に登録できるパッケージが入ったディレクトリが表示されます。Outline：このビューには、一覧とクイックナビゲーション用のダイアグラムスペース全体が表示されます。
- 4 **Properties** – 現在のダイアグラムにさまざまなパラメータを設定することができます。
- 5 **Daemon Manager** – 組み込みプラットフォームに接続し、リモートダイアグラムを開いて処理および実行することができます。
- 6 **Console** – コマンド、コンポーネントメッセージ、警告、エラーなど、さまざまなテーマに関する情報を提供します。

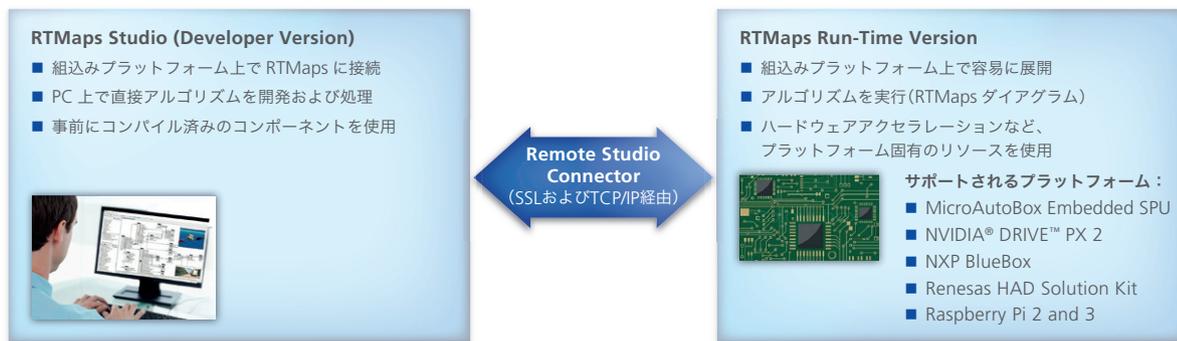
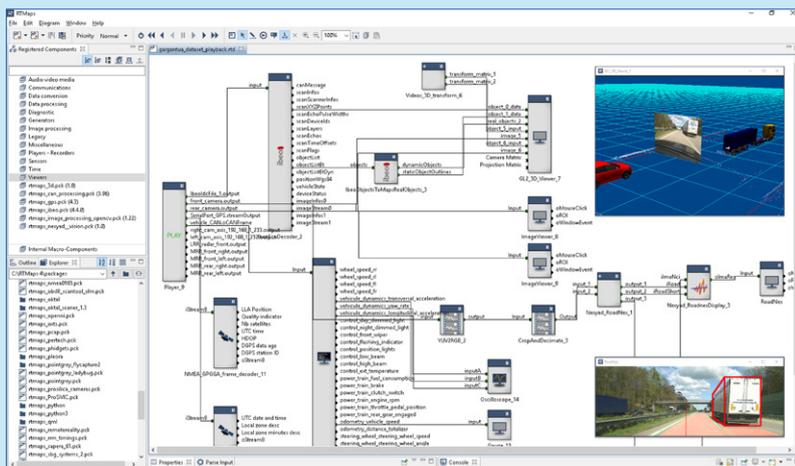


図 3 : RTMaps に Remote Studio Connector を搭載することにより、開発者は通常の PC 上の作業環境を維持したまま、さまざまな組み込みプラットフォーム上で組み込みプロトタイピングを実行することができます。

## 製品の特長 : Intempora 社の RTMaps



プラットフォームである VEOS 用に特別に設計されたインターフェースブロックセットを提供しています。また、RTMaps を ControlDesk に接続すると、開発したアプリケーションのパラメータ化なども容易に行えます。

### NEW : 組み込みプラットフォーム上で直接プロトタイピング

RTMaps に Remote Studio Connector を搭載すると、組み込みプラットフォーム上で高度な自動運転用アプリケーションのプロトタイピングをさらに迅速に行うことができます。これにより、組み込みプラットフォームにマウスやキーボード、モニタを接続することなく、使い慣れたリモート PC の RTMaps 開発環境から直接ターゲットプラットフォーム上の認知および融合アルゴリズムを容易に開発することができます。

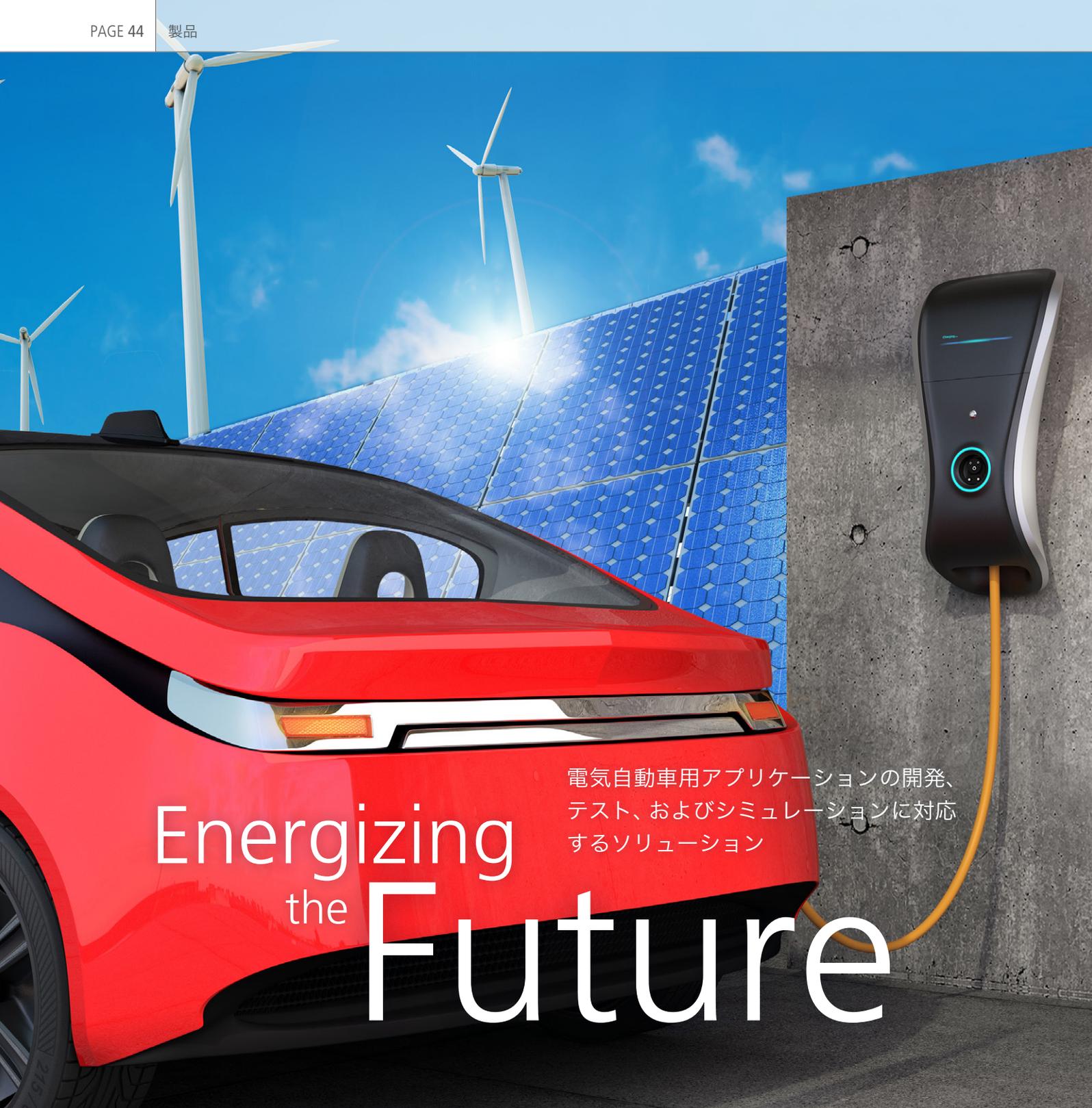
### マルチセンサアプリケーション向けの強力な開発環境

Intempora 社の RTMaps は、複雑なマルチセンサアプリケーションに対応するモジュール型のソフトウェア開発およびランタイム環境であり、dSPACE では 2016 年から配布してきました。RTMaps は自動運転、ロボット産業、航空宇宙産業などの分野で重要な役割を果たしています。開発者は、総合的なコンポーネントライブラリを活用することで、カメラ、レーダー、LiDAR といったさまざまなセンサからのデータを正確に取得、同期、および処理することができます。RTMaps では、ユーザー固有のコンポーネントを C++、Python、また

は Simulink コードとして開発し、容易に統合することができます。また、OpenCV や Dibotics 社の Augmented LiDAR 3D SLAM などの複雑なアルゴリズムにも対応しており、NVIDIA DriveWorks もサポートしています。RTMaps は、独自のマルチスレッド機能と効率性に優れたメモリ管理機能を PC ベースおよび ARM ベースのプラットフォーム上で提供します。

### dSPACE ツールチェーンへのシームレスな統合

dSPACE では、RTMaps を dSPACE ツールチェーンに統合するため、リアルタイムシステムや PC ベースのシミュレーション



Energizing  
the

Future

電気自動車用アプリケーションの開発、  
テスト、およびシミュレーションに対応  
するソリューション

電気自動車は、長年にわたって単なる電動車両の枠をはるかに超えた複雑な産業部門として発展してきました。dSPACE は長年の経験に基づき、卓越した技術を搭載した製品ポートフォリオや革新的なソリューションを提供することにより、エネルギーの生成や分配から充電ステーション、さらにはエネルギー貯蔵システムに至るまで、あらゆる範囲の電気自動車用アプリケーションに対応しています。



**現**代において、電気自動車は無視できない存在であり、排ガス規制の厳格化や中国などの国々からの需要増加により、その市場には高い収益を見込めるチャンスが広がっています。ただし、現状では各 OEM メーカーやサプライヤは、必要なコンポーネントも含め、電気自動車をそれぞれ独自に設計しています。電気自動車の普及には、3つの大きなテーマがあります。

- 駆動系、エネルギー貯蔵システム、およびステアリングシステムなどの補助ユニットを含む車両の電動化
  - 充電インフラの確立
  - 電気エネルギーの生成と分配
- dSPACE は長年にわたり Electric Drive に関する事業を行ってきました。たとえば、1997 年には Adtranz 社と協力して電気機関車を開発し、1998 年には ABB 社と共同でパワーエレクトロニクスのシ

ミュレーション用 HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータを開発しました。当社はこれらを含む多くのプロジェクトに従事し、電気自動車向けの製品ポートフォリオを継続的に拡大してきました。現在では、機能開発から量産コードの生成、テストおよびシミュレーションに至るまで、必要となるすべての開発段階をカバーしています。

## 電気自動車

### モーター

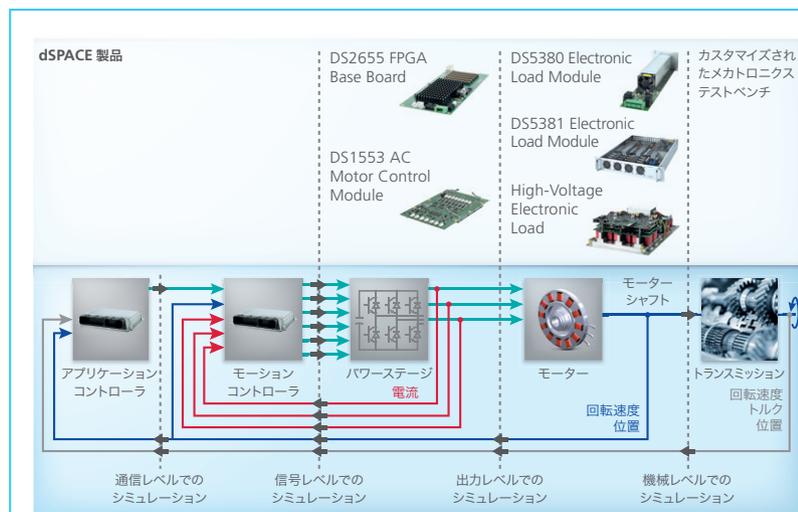
モーターは、内燃エンジンと比べてはるかに動的であり、低い回転速度でも高いトルクを生み出すことができ、その出力は数ワットから数百キロワットにまで及びます。dSPACE ポートフォリオには強力な FPGA プラットフォームも含まれているため、高度に動的な要件にも対応することができます。FPGA プラットフォームは **MicroAutoBox II** や **SCALEXIO システム** に統合することもできます。たとえば、SCALEXIO システムには **DS2655 FPGA Base Board** を搭載できます。ユーザは **XSG Electric Components Library** などの既存の FPGA モデルを使用するか、**RTI FPGA Programming Blockset** または **XSG Utils Library** を使用することにより、FPGA そのものをプログラミングすることが可能です。dSPACE では、現実的な条件下で妥当性確認を行えるようにするため、モーターエミュレーション用の電子負荷を提供しています (図 1)。

この電子負荷は 100 W ~ 500 kW の出力レベルでのテストをサポートしています。車載電装システムのコンポーネントをプロセッサベースでリアルタイムにシミュレートする場合には、dSPACE **ASM Electric Components Library** を使用します。

また、FEM ツールである JMAG<sup>®</sup> に同期モーターを接続すると、非線形効果をシミュレートすることができます。このように、サポートされている用途は、Electric Drive やクローズドループ制御用のインバータからバッテリー、スタータジェネレータ、オルタネータを含む車載電装システム

全体に至るまで、多岐にわたります。さらに、制御エンジニアは **XSG AC Motor Control Library** を使用することにより、あらかじめ設定された実装およびエンジニアリング手法にアクセスしてドライブ制御機能を開発することもできます。 >>

図 1 : HIL シミュレータを使用すると、信号レベル、出力レベル、または機械レベルなど、さまざまなレベルのモーター ECU にアクセスすることができます。dSPACE はそれぞれのテストケースに適した幅広い製品ポートフォリオを提供しています。



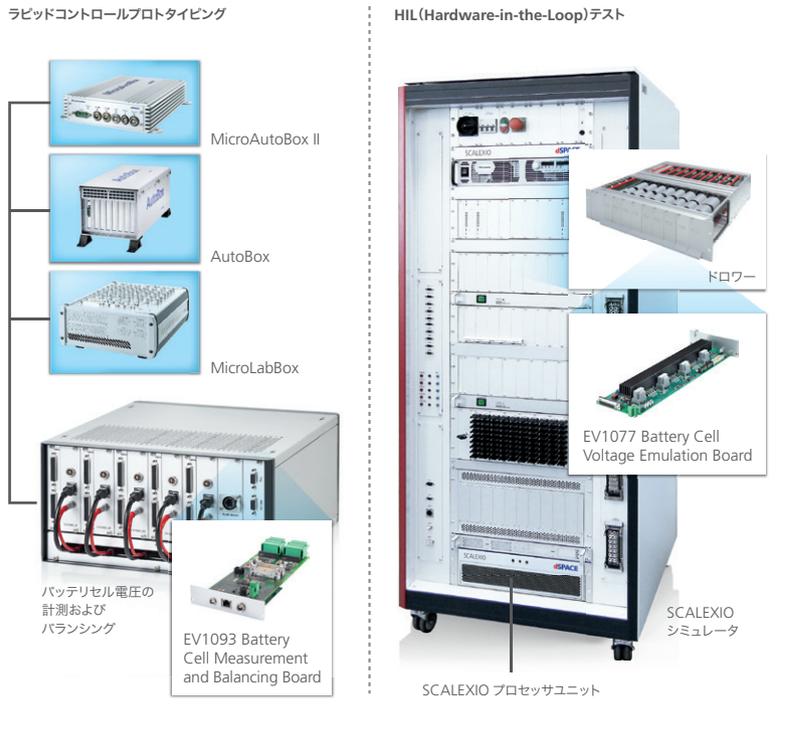


図2：車載用としても使用できる小型システムから車両全体をテストするための大型システムまで、幅広いバッテリー管理用製品が用意されています。

### バッテリーシステム

バッテリーマネジメントシステム (BMS) は、あらゆる電気自動車の中心的なコンポーネントであり、バッテリーライフサイクル全体においてバッテリーのパフォーマンスを維持したり、各セル電圧が最適な動作範囲にあることを保証します。dSPACE では、**EV1093 Battery Cell Measurement and Balancing Board** など、BMS 機能を開発するため



図3：コンパクトで堅牢な筐体を備えた RapidPro は、車両、ラボ、およびテストベンチでの使用に最適です。

の専用ハードウェアを提供しています。1 枚のボードでは、実際のバッテリーセルを最大で 24 個制御することができます。ボードの使用枚数が多いほど、より多くのバッテリーセルを制御することができます。EV1093 は、ラボシステムまたは適切な筐体を備えた車両で使用します。BMS ECU の妥当性を確認するには、HIL テストシステムにより、シミュレート対象のセル電圧や温度を高い精度で再現する必要があります。このような場合、**EV1077 Battery Cell Voltage Emulation Board** を使用すると、0 ~ 6 V の範囲で電圧を挿入することが可能です。また、損傷したセルも同じ範囲でエミュレートすることができます。

### パワーエレクトロニクス

パワーエレクトロニクスは、電気自動車にとって重要なテクノロジーです。電気自動車に使用されるコンポーネントには、Electric Drive 用の周波数コンバータ、さまざまな電圧レベルを調整するための DC/DC コンバータ、さらにはパワーグリッドおよび車両間のインターフェースとな

る充電器などがあります。これらのシステムを可能な限り現実的にテストするには、マイクロ秒単位で応答できるテストシステムが必要となります。dSPACE では、DC コンバータの機能を迅速かつ容易に開発できるようにするため、**RapidPro システム**を提供しています。このシステムには設定可能なシグナルコンディショニングおよびパワーステージ用の幅広いモジュールが含まれています。また、**dSPACE Electrical Power Systems Simulation Package** を使用して HIL テストを行うと、MathWorks® 社の Simscape Power Systems™ (Specialized Technology) で設計したトポロジベースのパワーエレクトロニクスモデルをリアルタイムでシミュレートすることができます。FPGA ベースのシミュレーションでは、レイテンシを低く抑えることができるため、2.5  $\mu$ s のステップサイズにも対応できます。また、あらかじめ設定された FPGA アプリケーションを使用すれば、FPGA 固有の知識も専用のソフトウェアも不要です。そのため、比較的容易にプロジェクトを開始することができます。さらに、より複雑なモデルを同時に複数のプロセッサまたは FPGA に分割して計算することも可能なため、モデルをリアルタイムでシミュレートできます。

### 電子補助ユニット

電気自動車では、すべての補助ユニットを電動ユニットとして設計する必要があります。代表的なユニットには、電動パワーステアリング (EPS)、電気ブレーキシステム、および電子ブレーキサーボなどがあります。これらはセーフティクリティカルなシステムであるため、信号および電力レベルでのテストのほかに機械的テストも必ず実施する必要があります。dSPACE では、これらのシステムの挙動をテストする場合に備え、カスタマイズ可能な**メカトロニクステストベンチ**を提供しています。このテストベンチを使用すると、ラボの条件下で現実に即したテストドライブを実行することができます。また、適切なシミュレーションモデルを使用すれば、EPS アプリケーション向けのアクチュエータなども現実に即してテストすることが可能です。dSPACE システムは、ラボ用の小型ロータリーテストベンチからステアリングシステム全体をテストする大型のテストベンチまで、さまざまな用途に対応しています。

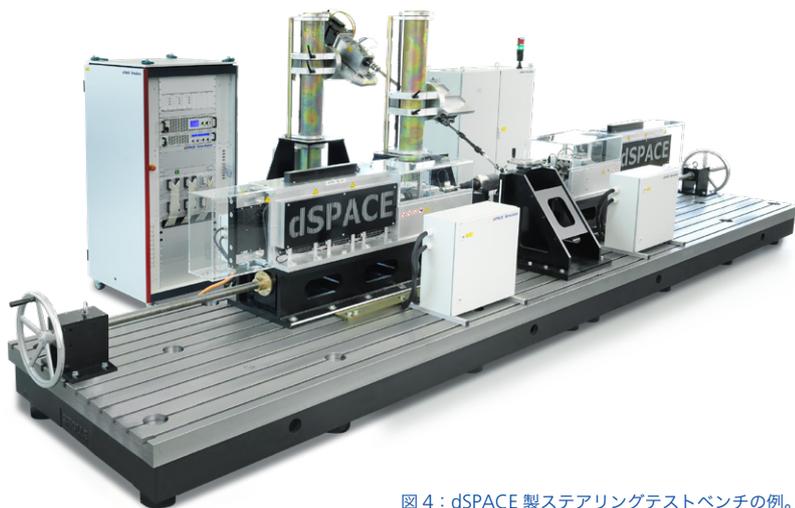


図4：dSPACE製ステアリングテストベンチの例。

## 詳細：

dSPACE 製品のその他の使用事例については、[www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_emobility](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_emobility) を参照してください。

詳細については、電気自動車に関する dSPACE ポスターもご覧いただけます。

[www.dspace.jp/go/sales](http://www.dspace.jp/go/sales)

## 充電ステーション

世界市場にはさまざまなメーカーが数多く存在し、それぞれが独自の電気自動車や充電テクノロジーを開発しています。車載バッテリーを充電する場合には、車両と充電ステーションの間で通信が行われ、充電

時間の短縮に必要な情報だけでなく、車両および充電ステーション間の技術的な微調整、安全面、決済オプションなどに関する情報もやり取りされます。世界の充電テクノロジーには、日本の CHAdeMO、欧

州や米国の ISO 15118、中国の GB/T など、さまざまな規格があります。dSPACE では、さまざまな通信プロトコルのテストに役立ち、HIL テストシステムにも統合できるソリューションを提供しています。

## エネルギーの生成と分配

電気自動車は、風力や太陽光エネルギーのほか、時には従来型の発電所で生成されたエネルギーなど、幅広いソースを利用するため、エネルギーの配分調整プロセスはより複雑になります。その理由の1つには、再生可能エネルギーの日常的または季節的な変動の影響があります。安定したパワーグリッドを確保するには、高い精度で周波数と力率を制御することが必要です。また、電気自動車の台数が増加するにつれ、エネルギー管理システムやそれらのシステム間の通信にもさらに厳格な要件が必要になります。dSPACE **Electrical Power Systems Simulation Package (EPSS)** を使用すると、さまざまなエネルギー生成および分配システムを dSPACE システム上でシミュレートすることができます。このソフトウェアパッケージを dSPACE RCP システムと組み合

わせて使用すれば、ユーザはエネルギー分配システムのモデル予測型制御を実現し、エネルギーシステム全体をシミュレートできるようになります。■

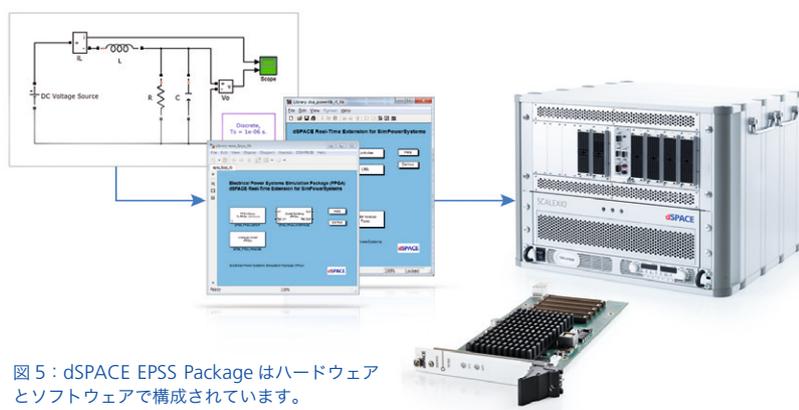


図5：dSPACE EPSS Package はハードウェアとソフトウェアで構成されています。

dSPACE ツールチェーンにおける  
車載 Ethernet

# Not Your Average BUS



Ethernet ネットワーク規格には、従来のバスシステムに勝る多数の利点があり、自動車業界での使用が増加しています。dSPACE ツールチェーンは以前から既に Ethernet を幅広くサポートしており、自動車アプリケーションでの使用に合わせて改良したことによって今まで以上の可能性を秘めています。



写真：Harald Czekalla 氏、www.fotoharry.de

**自** 動車メーカーは、支援システムや接続性、機能などの面で、新しい車種の発表ごとに競合他社を上回ることができるよう努力しています。その結果、電子制御ユニット (ECU) 間で転送されるデータの量も飛躍的に増大しています。自動運転の複雑な機能を部分的に、あるいは完全に実現するために今日の支援システムを拡張する際、「従来型」の車載バスシステムの帯域幅では不十分となります。この問題の解決策は、Ethernet ネットワーク規格です。新しい環境に対応するよう適応されたこのテクノロジーは、車両にも応用することができ、「車載 Ethernet」と呼ばれています (情報ボックスを参照)。現在の最大 1000 Mbit/s という帯域幅は、CAN/CAN FD (<10 Mbit/s)、FlexRay (10 Mbit/s)、および MOST (最大 150 Mbit/s) をはるかに上回ります。また、Ethernet は、さまざまなレイヤ上の多数のプロトコルをサポートしており、その一部 (SOME/IP など) は特に車載用途向けに設計および標準化されています。このため、Ethernet は (帯域幅またはリアルタイム性の面で最適化された) さまざまな形式で幅広いアプリケーションに利用することができます。

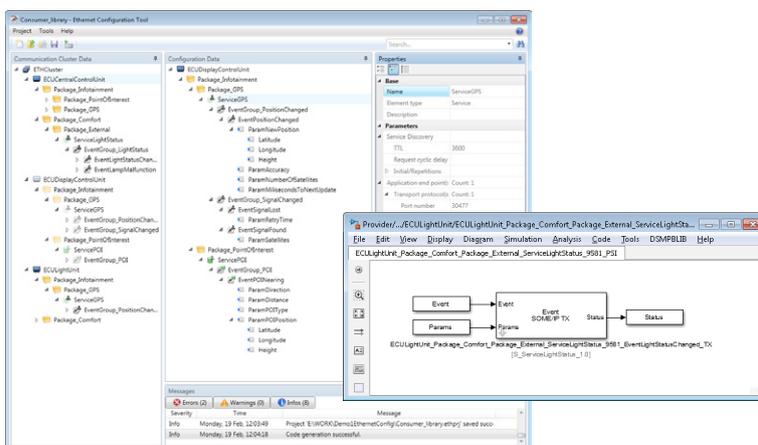
#### すぐに使用可能な dSPACE ツールチェーン

dSPACE ツールチェーンは、既に多くのアプリケーションにおいて車載 Ethernet をサポートしています。この先頭に立っているのは、ラビッドコントロールプロトタイピング (RCP) および HIL (Hardware-in-the-Loop) アプリケーションに対応した汎用的な SCALEXIO システムで、SCALEXIO には最大 5 個のポートを搭載した幅広い Ethernet ボードを利用することが可能です。車載プロトタイピングを行

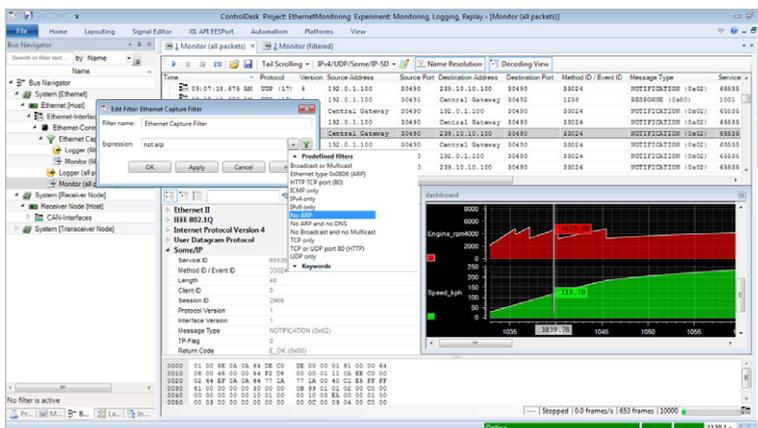
>>



豊富な可能性：車載 Ethernet では、物理層の上に複数のソフトウェア層が存在します。これらを使用して、SOME/IP、AVB、TSN などのプロトコルをアプリケーションごとに組み合わせることができます。



実装：開発者は、Ethernet Configuration Tool により、車載 Ethernet アプリケーションを効率的かつ容易に構築したり設定したりすることができます。また、最新の AUTOSAR 規格を考慮に入れることもできます。



モニタリング：dSPACE ControlDesk の Bus Navigator を使用して、Ethernet トラフィックを容易に監視および記録することができます。内蔵の Ethernet キャプチャフィルタを使用すると、データの取得を個々の Ethernet パケット内に制限することができます。ControlDesk のタイムカーソルにより、記録した Ethernet 通信を他のバスおよび計測データと容易に比較することができます。

う場合には、Intel® Core™ i7-6822EQ プロセッサを搭載した Embedded PC や、近日公開予定の Embedded SPU といった MicroAutoBox 製品群の最新製品を使用でき、これらには最大 6 個の車載 Ethernet ポートを搭載することが可能です。また、dSPACE ハードウェア製品の多くは従来型の Ethernet ポートを備えているため、メディアコンバータを使用することで、さまざまな速度の車載 Ethernet に対応することができます。近日公開予定の SCALEXIO Ethernet ボード (DS6333-PE/CS) はモジュラー型設計のポートも備えているため、従来型の Ethernet だけでなく、異なる速度 (100 Mbit/s および 1000 Mbit/s) を持つネイティブサポート型の車載 Ethernet 向けに設定することもできます。

## 実装

Ethernet Configuration Tool を使用すると、FIBEX または AUTOSAR 通信記述に基づいて、Ethernet SOME/IP プロトコルをサービススペースのネットワークでシミュレートすることができます。このツールは dSPACE Ethernet Configuration Package の一部であり、Ethernet Configuration Blockset も同様、サポート対象のハードウェアへの実装に必要な Simulink ブロックを提供します。これにより、AUTOSAR 指向のサポートが可能になり、関連する安全/セキュリティメカニズムを容易に実装することができます。この実装には、エンドツーエンド保護やセキュアオンボード通信のほか、特に運転支援システムに重要なグローバル時間同期も含まれます。

## 記録およびビジュアル表示

dSPACE ツールチェーンの Ethernet 対応の締めくくりとして、さまざまな Ethernet プロトコルを柔軟にモニタリングできるようになっています。そのための中心的なツールが、ControlDesk オプションの Bus Navigator Module です。Bus Navigator Module を SCALEXIO などの車載 Ethernet 対応ハードウェアと組み合わせると、ネットワーク内のすべての Ethernet パケットを簡単に処理することができます。PC ベースのシミュレーションプラットフォーム VEOS での Ethernet シミュレーション (近日公開) や PC パスインターフェースとの組み合わせも可能で

## 車載 Ethernet



車載 Ethernet は、実績のある Ethernet ネットワーク規格を修正しながら、車載用途向けに特別に設計されています。車載 Ethernet には新しい物理層が追加されており、これにより、電磁適合性などの既存の要件をクリアしつつ、非シールド型ツイストペア (USTP) ケーブルでの配線のコスト効率を高めるといった要件に対応しています。今日では、車載 Ethernet 向けに 100BASE-T1 (別名 BroadR-Reach) と 1000BASE-T1 (Gigabit Ethernet、つまり 1000 Mbit/s) の 2 つの帯域幅が標準化されています。さらに、10 Mbit/s ~ 10 Gbit/s のその他の帯域幅も現在開発されています。車載 Ethernet がネイティブでサポートされていない場合は、メディアコンバータを使用して従来の Ethernet インターフェースを 100BASE-T1 や 1000BASE-T に変換することができます。

Ethernet の各ソフトウェア層は容易に切り離して扱うことができるため、アプリケーションごとに、Scalable service-Oriented Middleware over IP (SOME/IP)、Audio-Video

Bridging (AVB)、Time-Sensitive Networking (TSN) など、さまざまなプロトコルを組み合わせ使用することが可能です。車載用途向けに特別に設計された SOME/IP プロトコルは、AUTOSAR 仕様の一部であり、サービスベースの通信コンセプトや動的なサービス検出を提供します。これにより、限られたプロトコルオーバーヘッドで最大限の柔軟性を実現することができます。SOME/IP は既に多数の OEM メーカーによって使用されており、ECU 間で制御情報を転送するための規格として確立されています。AVB プロトコルは、複数の IEEE-802.1 規格を組み合わせしており、データストリーミングの時間同期、遅延、およびジッタに関するさまざまな要件をカバーします。これは、さらに多くの IEEE-802.1 グループ規格を含む TSN プロトコルの基準でもあり、特に時間や帯域幅がクリティカルとなるアプリケーションに使用されます。ただし、AVB とは異なり、TSN の IEEE 仕様はまだすべてが規格として公式採用されているわけではありません。

dSPACE 製品を活用することにより、自動車メーカーは既に車載 Ethernet に十分に対応することができます。

す。現時点でも、ControlDesk で車載 Ethernet のトラフィックを容易に監視および記録することができます。dSPACE では今後、専用の Ethernet バス計器も提供する予定です。これにより、ほんの数クリックでカスタマイズされたレイアウトを作成できるようになります。ControlDesk のタイムカーソルを使用すると、記録した Ethernet データトラフィックを他の計測データや CAN、LIN、FlexRay などのプロトコルとすばやく比較することができます。内蔵の Ethernet キャプチャフィルタを使用すれば、データの取得を個々の Ethernet パケット内に制限することができます。dSPACE Release 2018-A では、Ethernet 通信をデコードするためのツリービューと、個々の Ethernet パケットの名前マッピングを改善する機能が実装されました。

### まとめ

自動車エンジニアリングでは、高帯域幅に対するニーズの拡大やサポートされるプロトコル数の増大により、Ethernet 規格の重要性が増しています。dSPACE ツールチェーンでは、さまざまな使用事例において、既に多数のハードウェアおよびソフトウェア製品で新しい規格をサポートしています。これは自動車エンジニアにとって朗報です。dSPACE は、今後も車載 Ethernet のサポートを継続的に拡大していく予定です。 ■



# Leaving on a High Note

30年前、dSPACE が実用化した高速な制御テクノロジーにより、多くの業界へのメカトロニクスと電子制御ユニット (ECU) の導入が加速しました。それ以来、dSPACE ツールは世界中のさまざまなメーカーの開発部門で利用されています。退任間近となった dSPACE の CEO である Dr. Herbert Hanselmann が、自らが歩んできたキャリアについて語ります。

Hanselmann さん、あなたは dSPACE の CEO を 30 年間務めることになるかと想像していましたか。

いいえ。あの当時、私にはそのようなビジョンはありませんでした。当初考えていたのは、多くのエンジニアに独自の技術を提供することでした。会社の従業員数を 4 人から 20 人に成長させることが到達点で、それで全く十分だと思っていました。

dSPACE が順調にいかなかった場合のバックアッププランはありましたか。

起業家であればおそらく誰でも、エンジニアとしてどこかで良い就職先を見つけることはできたでしょう。私は、生涯公務員のような大学の準教授の地位に別れを告げ、この業界で働き始めるのか、それとも正式に教授になるか、ということの中で考えていました。つまり、さまざまな選択肢を持っていました。

どのような経緯で dSPACE という社名を思い付いたのですか。

dSPACE では、私は頭字語の愛好家

として知られています。Digital Signal Processing and Control Engineering (デジタル信号処理および制御エンジニアリング) は、私たちが取り組みたかったことを表していました。また、当時は誰もが知っていた dBASE という人を引き付けそうな名前のデータベースソフトウェアがありました。そこから少し考えて、dSPACE という名を思い付きました。今なら、違う名前を選択したかもしれません。私たちの事業分野が宇宙飛行関連であると多くの人に思い込まれていたのは昔の話



dSPACE の CEO としての  
30 年を回顧

ですが、当初は正式名称を略さずに書く必要がありました。当時、私はおかしな宛先が記入された封筒を集めていたものです。なかでもお気に入りには、「Dora Siegfried Paula Anton Cesar Emil、住所に続く」などといったものでした。なぜこのようなことが起こるかと言うと、私たちが電話で社名のスペルをこの言い方で伝えていたからです。

dSPACE は大きな成功を収めました、何か失敗はありましたか。今なら認めることができるのでは。

ありがたいことに、本当に失敗したことはありませんでした。市場調査を幅広く行ったにもかかわらず、それほど成功しなかった製品は 1 つありました。それは、当時競合会社に対抗する必要があった当社の製品への対応が遅過ぎたからです。また、私たちはお客様の製品に対する動きについても認識を誤っていました。満足はしていないものの、ある程度は役立つ製品をお客様が持っており、製造メーカーがすばやく特定の欠陥を修理する状況において、新規参入メーカーに大きなチャンスはなかったのです。 >>



Hanselmann さん、あなたは車のオイルレベルゲージを使用して、きしんだショッピングカートを手早く修理したことがあると聞いています。CEO とは、どの程度エンジニアとして活動することが可能ですか。また、どの程度そうすることが必要ですか。

それはショッピングカートではなく、テロイトのリックカートンに計測機器を運び込むための台車でした。そのしばらく後に、日本でお客様のために何かをはんだ付けしたこともありましたが、かつては、エンジニアの CEO が率いる企業は珍しいと多くのお客様が言っており、それは褒め言葉でした。しかし、それも数年前までのことです。現在の会社の規模と多数の有能な技術リーダーがいる状況を考えると、CEO がエンジニアであることはもはや重要ではありません。

ご自身の意見として、dSPACE の装置でテストを行った最も珍しい顧客プロジェクトは何でしたか。

当社の dSPACE Magazine では、いつも貴重で珍しい事例を紹介していますが、最も風変わりだったものの 1 つは出産シミュレータで、もう 1 つは人間の頭蓋骨を切り開くための器具です。また、日本の超高層ビルの屋上に取り付ける油圧式制震ダンパーもありました。ディズニーランドの乗り物も懐かしく思い出されます。自動車において変わった事例はありませんでしたが、全て重要なプロジェクトでした。

dSPACE の成功の秘訣は何ですか。

当初、特に重要だったのは、メカトロニクスのエンジニアである私たち自身がお客様と同じ立場で考えられることでした。時には、私たちは当社の製品とはかけ離れ

たお客様の問題についてお手伝いしたこともありましたが、常に重要だったのは、制御エンジニアリング、エレクトロニクス、ソフトウェア、物理学といった複数の分野の知識を結び付けることでした。これらを通じて、私たちは「dSPACE の装置を使用すれば、ポストエンジニアリングをほとんど行うことなく最終的に想定していたことを実施できる」というお客様の評価を得ることができました。ミスが発生する場面もありますが、私たちは、難局にあるお客様を見捨てることの無いよう、常に最善を尽くしています。良いサポートとはコスト的に優れていることではなく、エンジニアの倫理感の問題や顧客ロイヤリティを獲得できるかといった問題です。また、お客様に最高のテクノロジーを提供するために労を惜みず当社のツールに打ち込むことや、当社の製品ポートフォリオの向上に絶

## 設立当初の掲載記録とその後の姿

### dSPACE が出した最初の記事

**Digitale Signalprozessoren**

**Elektronik-KWIRWIRNET**

Dr.-Ing. Herbert Hanselmann,  
Dipl.-Ing. Hermann Henrichfreise,  
Andreas Hostmann, Dipl.-Ing. Albert Schwart  
Ausschnitt:

**Regelung schneller Mechanik mit DSP**  
Entwicklungsprozess vereinfacht Systemintegration

Digitale Signalprozessoren (DSP) eignen sich hervorragend zur Regelung schneller Bewegungsabläufe. Einige realisierte Anwendungen werden kurz beschrieben. Eine spezielle auf die Zielprozessoren (DSP) abgestimmte Entwicklungsprozedur ermöglicht die Realisierung nichttrivialer Mehrgrößensysteme mit hohen Abtastraten in kleinerer Entwicklungszeit.

**Typische Anwendungen**

Zahlreiche Automobilhersteller arbeiten an der Entwicklung aktiver und semiaktiver Fahrregelungen. Dabei werden die konventionellen Feder-Dämpfer-Systeme ganz (aktiv) oder teilweise (semiaktiv) durch Hydraulikzylinder ersetzt. Man gewinnt Fahrkomfort und Fahrstabilität und kann zusätzlich Eigenschaften wie Nick- und Wankkontrollierung realisieren. Bekannt geworden ist die Auswertung eines Messsignals durch Lotus, unter Einsatz eines Signalprozessors (DSP) erfolgt. Verschiedene Fahrzeugparameter und Fahrerzustand sind ständig verfolgt und über einen vom Fahrer für Automatiksteuerung, die Universalität (Fahrer ist) zusammen mit dem modifizierten Motor-Controller und -Auswertern vorgenommen werden, die über Verwendung von DSP der TMS-Familie von TI.

Über die relevanten Signalprozessoren der Fahrzeugentwicklung selbst nicht besonders hoch sind, jedoch von der geschlossenen Regelungsabteilung (Aktivator) (Verstell) mit Rückkopplung zum 180 Hz, sind die Aktivatoren selbst im Bereich von 1 kHz. Diese sind typischerweise bis drei Sensoren an jedem Rad (z. B. Druck, Federweg, Beschleunigung) und weiteren Sensoren an der Karosserie sowie vier Stellgrößen bei einem Vierachserfahrzeug möglich sind eine sehr Mehrgrößensystem.

Elektronik 10/1988 119

設立当初：30 年前の dSPACE のメッセージと製品が目指したもの

1988 年の Elektronik 誌上の記事により、新設の dSPACE 社に初めて注目が集まりました。トピック：「DSP による高速な機械装置の制御」

### 1990 年の製品紹介

**dSPACE**

**Control Implementation Tool providing DSP performance**

DSP-CITpro is a unique tool consisting of PC-AT software and hardware for rapid implementation of high-speed, linear and non-linear multivariable controllers, filters, hardware-in-the-loop simulations, and other sophisticated signal processing systems, using Texas Instruments TMS 320 digital signal processors (DSP). The hardware-independent DSP-CITpro software modules provide system preparation, automatic code generation, simulation, and real-time signal-oriented analysis. The optimally integrated and very flexible DSP-CITpro hardware line, based on fixed-point and floating-point DSP, gives tremendous computing performance.

dSPACE GmbH  
An der Schönen Aussicht 2  
4790 Faderborn  
West Germany  
phone (052 51) 650 74  
Fax (052 51) 665 29

Switzerland:  
Microlab AG  
phone (085) 565 66

United Kingdom:  
Cambridge Control Ltd.  
phone (02 23) 634 86

dSPACE の最初の製品広告の 1 つ：システムソフトウェア、プロセッサ、および I/O で構成された統合ソリューションにより、極めて厳しい制御タスクにも対応。

現在：dSPACE が提供するソリューションに関する現在のユーザの声

イルメノウ工科大学の Anid Amthor 氏は、今日の実践においてこのトピックの意味を説明しています。

「dSPACE のハードウェアとソフトウェアにより、精密なポジショニングをナノメートル精度で高速に行う場合に必要の高いサンプリングレートを実現することができました。」

お客様が当社の製品を高く評価してくれています。IABG 社の Franz Hangl 氏は次のように述べています。

「dSPACE のシームレスな統合開発環境のおかげで、プロジェクトを効率的に進めることができます。」



## 第2世代 AURIX™ に対応した安全関連機能の開発

Infineon 社から発売された第2世代 AURIX™ マイコンコントローラファミリーは、なかでも安全関連アプリケーション向けの高度な機能を提供しています。dSPACE Release 2018-A 以降、dSPACE ツールの汎用シリアルインターフェイス (DCI-GSI2)、ECU Interface Manager、および RTI Bypass Blockset では、バイパス処理、計測、適合、および ECU 内部関数および変数へのアクセスが必要な各種のシナリオにおいて、AURIX™ TC3xx をサポートしています。そのため、エンジンやトランスミッションの制御、安全関連アプリケーションなどの従来の組み込みアプリケーションの開発やテストにおいて、dSPACE ECU インターフェイス製品は中心的なコンポーネントとなります。ステアリングシステムやブレーキシステムだけでなく、自動



運転や電気自動車向けのセンサベースのアプリケーションでも同様です。 ■

## dSPACE ツールチェーンにおける Python 3

2020年4月、Python Software Foundation は Python 2 のサポートを終了します。そのため、dSPACE では dSPACE Release 2018-B 以降、ソフトウェアツールの Python ディストリビューションを現行バージョンの Python 3 に変更します。Python は、Python インタープリタ搭載の ControlDesk の自動化、リアルタイムテストの実装、AutomationDesk での作業など、dSPACE 製品における主要なプログラミング言語の1つであり、極めて重要な役割を果たしています。dSPACE では、この移行の影響を受けるお客様に対し、総合的な移行サポートを提供いたします。Python 2.7 と Python



3.6 との間の変更点、および dSPACE ツールの移行に関する注意事項については、dSPACE のウェブサイトからダウンロード可能な『Python 3.6 Migration Guide』をご参照ください。また、Python の移行についてご不明な点がございましたら、dSPACE サポートにお問い合わせください。Python 3 への移行により、お客様には長期フルサポートの保証、データ構造

の複雑性の緩和、Unicode への完全対応、標準機能のさらなる効率化など、大きな利点が提供されます。 ■

『Python 3.6 Migration Guide』のダウンロード先:

[www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_Migration](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_Migration)

サポート申し込みフォームへのリンク:

[www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_Support](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_Support)



ソーシャルメディアで当社を検索してください。  
[www.dspace.jp/go/socialmedia](http://www.dspace.jp/go/socialmedia)

## MotionDesk – 現実的な照明条件をビジュアル表示

当社では dSPACE Release 2017-B において、3D ビジュアル表示ソフトウェアである MotionDesk のビジュアル表示エンジンを総合的に強化しました。特に現実的な照明条件のシミュレーション機能が向上しています。MotionDesk は先進運転支援システムの開発において、すべての使用事例に対応可能なツールになるべく、さらなる進化を遂げたと言えます。新しい照明モデルでは、環境をより現実的に即してビジュアル表示できるだけでなく、夜間運転などの特殊な照明条件を持つシナリオをテストに追加することも可能です。

### カメラベースの ECU に対応した多数の新機能

新しい各種のソフトウェア機能は、カメラベースで ECU の開発やテストを行ったり、そのためのセンサをシミュレートしたりする場合に特に重要になります。カメラベースのシステムでは、MotionDesk の現実的な 3D アニメーションを認識することができるため、さまざまなテストのベースとして利用することができます。代表的な適用分野は、自動車線維持システムや自動緊急ブレーキシステム、車線検出システム、および道路標識認識システムの開発です。

### 日中や夜間の現実的な照明条件

MotionDesk には、実際のシナリオを正確にシミュレートするための設定オプションが多数用意されています。そのため、ヘッドライト、街灯、環境光など、モデルに関係するあらゆる光源の形状、色、光度を変更することが可能です。また、モデル内のあらゆるオブジェクトに光源を取り付けることもできます。このような柔軟な設定オプションにより、十分な照明のある環境に基づいてシミュレーションを行ったり、照明条件を個別に調整したりすることが可能です。また、シンプルな天体暦モデルに基づいて太陽を配置することもできるため、日の出や日没などの変化する照明条件のシミュレーションも行えます。環境光や影は、選択した太陽の位置を表す値に応じて動的に変化します。また、さまざまな輝度分布に関連するヘッドライトにロードするだけで、シミュレーション対象の車両に MotionDesk のさまざまなヘッドライトモデルを実装することができるため、実際のヘッドライトをリアルタイムでテストできます。dSPACE が提供する Automotive Simulation Models (ASM) と組み合わせれば、アダプティブフロントライティングシステム (AFS) の開発プロジェクトなどに



において、さまざまな使用事例をテストすることができます。

### 作業におけるその他の照明効果

MotionDesk は継続的に拡張されています。新たな照明モデルの導入はその最初のステップに過ぎず、今後もさまざまなソフトウェア上の変更や機能拡張が行われていきます。太陽のまぶしい光、道路の照り返し、大気の影響などの改善点については、MotionDesk の次のバージョンで対応する予定です。これにより、dSPACE の 3D ビジュアル表示ソフトウェアである MotionDesk は、将来的な先進運転支援システムの開発において生じ得る諸要件にも十分対応できるようになります。 ■



新しい照明モデルに関する動画をご覧ください：  
[www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_MotionDesk](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_MotionDesk)



dSPACE MotionDesk では、テストシナリオの照明条件を個別に変更したり、対象となる使用事例に合わせて正確に調整したりすることができます。そのため、MotionDesk の 3D アニメーションを先進運転支援システムや自動運転の分野で使用し、アダプティブフロントライティングシステム (AFS) などのさまざまなアプリケーションを適切に開発することが可能です。

# ConfigurationDesk および Bus Manager - RCP および HIL アプリケーションのさらなる効率化を実現

SCALEXIOシステム向けの実装ソフトウェアである ConfigurationDesk の最新バージョンには、快適性や効率性を高める新たな機能が搭載されています。主な新機能には、タスク固有のユーザインターフェース、Simulink®とのより緊密な統合、アドオンとして統合できるよう最適化された Bus Manager などがありません。

## タスク固有のユーザインターフェース

状況適応型の新たなナビゲーションバーにはさまざまなビューセットが用意されており、現在の作業ステップに必要な機能が常に適切に表示されます。これにより、ユーザは全体像を容易に把握することができ、複数の個別タスクを同時に確認することができます。

## Simulink とのより緊密な統合

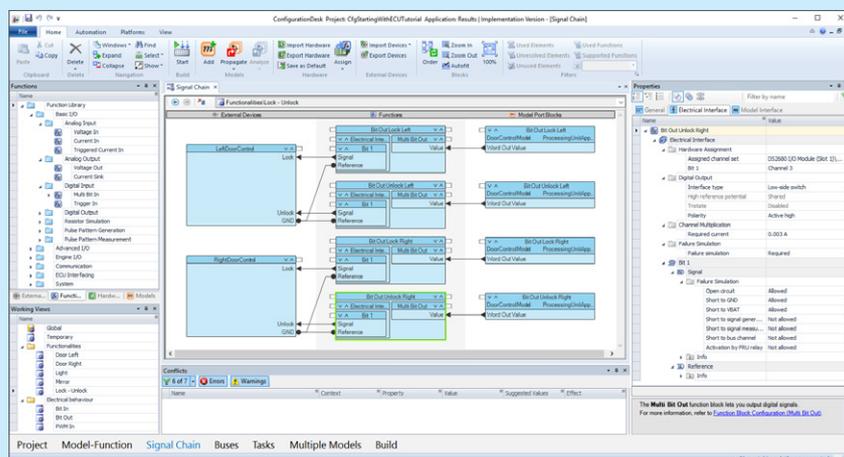
ConfigurationDesk および Simulink 間の相互作用や情報交換がさらに強化されました。たとえば、新しい ConfigurationDesk プロジェクトを Simulink で作成できるようになったため、Simulink モデルからシステム全体のビルドプロセスを開始することができます。Simulink のモデルポートブロックから ConfigurationDesk の関連箇所への切り替えもワンクリックで行えます。また、ConfigurationDesk 上でモデルインターフェースに施した変更に関連する Simulink モデルに反映することも可能です。

## 最適化された Bus Manager

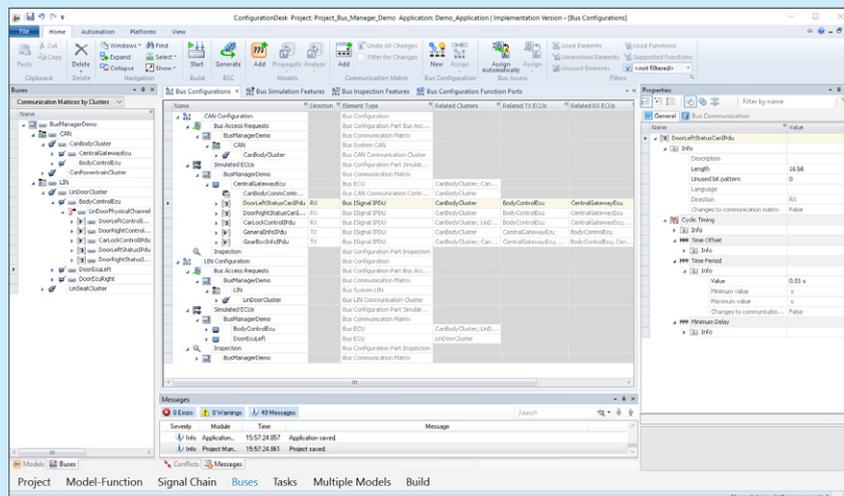
dSPACE Bus Manager は、dSPACE システムでバス通信をシミュレートするための中心的なツールです。このツールを使用すると、インポートした通信マトリクスの明確な全体像を把握することができます。また、ドラッグアンドドロップ操作で設定を行えるためプログラミングスキルが不要となり、効率性と利便性が向上します。さらに、自動化インターフェースおよび更新機能を使用すると、既存の設定を新しい要件にすばやく反映できるようになりま

す。また、新しいバージョンでは、バス通信を検査したり操作したりするための新機能も用意されています。これには、フレームや信号値の変更機能、生データの確認機能、カウンタのシミュレーション機能なども含まれます。また、通信マトリクスのインポート機能も拡張されており、既存の

フォーマットだけでなく、新しい規格である AUTOSAR 4.3.1 と FIBEX 4.1.2 もサポートされています。



ConfigurationDesk は、SCALEXIO ハードウェアのビヘイビアモデルや I/O 機能コードにも対応した直感的でグラフィカルな設定および実装ソフトウェアです。



Bus Manager を使用すると、通信マトリクスをインポートして、分かりやすい構造で表示したり、変更したりすることが可能です。

# 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。

## プライベートパイロット

BMW 社では、レベル 5 の自動運転車両との対話を可能にする未来の機能を紹介しています。スマートフォンによる車両の呼び出しから、タブレットを用いて後部座席で車両を便利に操作する方法まで、未来のシナリオは刺激的で多岐にわたります。車両のトランクに搭載されている AutoBox は、インテリジェント制御システムの一部として機能しています。



写真クレジット： © DPCcars

未来の車両は、プライベートタクシーのように動作することができます。

[www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_BMW](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_BMW)

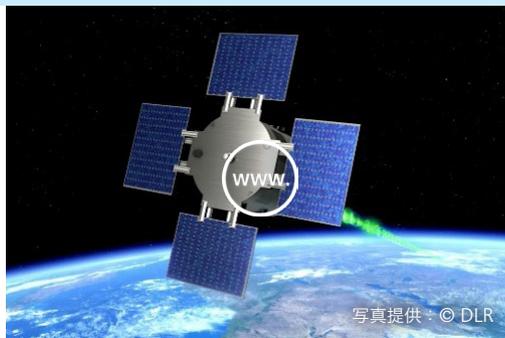


写真クレジット： © DPCcars

自動運転車両の「トレーニング施設」での 1 シーン。業界で実証済みの AutoBox がトランクに搭載されています。

## 宇宙でのトマト栽培

小型衛星である Eu:CROPIS (Euglena Combined Rege-nerative Organic-food Production In Space) の任務は、月と火星の条件における閉じられた空間で生命支援システムを検証することです。ここでは、専用の温室により、他の生体系と関連を持つトマトが栽培されています。ドイツ航空宇宙センター (DLR) では、dSPACE シミュレータを使用して、姿勢および軌道制御システム (AOCS) をテストしています。



写真提供： © DLR

Eu:CROPIS は、宇宙空間における植物の栽培の評価に使用されています。

[www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_DLR](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_DLR)



姿勢および軌道制御システムである AOCS のテストは、PX20 Expansion Box を内蔵した dSPACE シミュレータにより行われています。

## 自動運転向けのデモ車両

Virtual Vehicle 研究センターは、オーストリア内で自動運転車のテストドライブを実施するために必要な公式の許可を取得しました。この許可は、コンピューティングプラットフォームに MicroAutoBox Embedded PC を搭載したデモ車両にも適用されています。この車両は、ディープラーニング技術を応用しており、車両を「トレーニング」すると、独力で道路を走行できるようになります。



写真提供： © Virtual Vehicle

デモ車両は、独力で道路を走行することができます。

[www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_VV](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_VV)



写真提供： © Virtual Vehicle

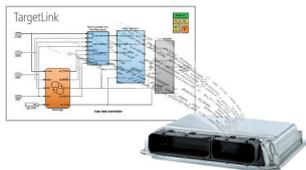
自動運転制御システムの一部として、MicroAutoBox が使用されています。

[www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_VV2](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_VV2)



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\\_20181\\_REF\\_J](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_REF_J)



量産コード生成



開発



テスト



シミュレーション

## 電気自動車 – dSPACEによる理想的な開発環境とテストの実現

dSPACEは、先進的な機能開発とテストシステムによって、電気自動車の電子制御ユニット (ECU) ソフトウェアの開発、シミュレーションおよびテストを行い、量産コードの生成が可能です。モーター、パワーエレクトロニクス、バッテリー、電気回路網、または充電インフラなど、どのような用途であっても総合的にサポートすることができます。

豊富な実績をもつdSPACEのワンストップソリューションをぜひご活用ください。

電気自動車の先駆者になるお客様を、dSPACEの開発ツールで支えます。

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 NBF 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