

# dSPACE MAGAZINE

2/2020

**Great Wall Motors社** – 認証取得済みのコード生成  
ツールであるTargetLinkを使用してセーフティ  
クリティカルなシステムを効率的に開発 | Page 20

**JEE社** – シミュレーションによりElectric Driveを最適化 | Page 10

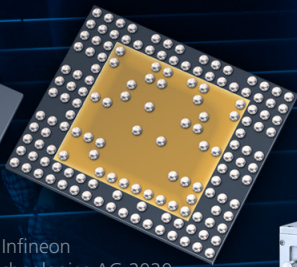
**アラバマ大学** – エネルギーシェアリング: 車車間充電 | Page 24

**HELLA社** – 妥当性確認の自動化により  
安全な自動運転機能を開発 | Page 28



「当社では、さらに広帯域幅化し機能も拡張されたレーダーチップを検証するため、dSPACE Automotive Radar Test System (DARTS) を利用しています。それにより、複数のターゲットを極めて高精度でシミュレートできるため、ラボにおいて早期の段階で容易にチップの品質と性能を見極めることができます。」

Patrick Alexander Hölzl 博士、Infineon Technologies 社



© Infineon Technologies AG 2020



# Radar Chip Testing

人間よりも安全に運転できる自動運転車両を実現するには、人間よりも正確に対象を視認できるシステムがまずは必要になります。信頼できる視認機能を構築するには、昼間、夜間、晴天、雨天など、いかなる状況でも周辺の潜在的な障害物を正確に確認できるレーダーセンサが必要です。また、レーダー向けのチップを効率的に設計するには、極めて早期の段階でラボにおいて性能をテストすることが不可欠です。つまり、レーダーチップの開発および検証プロセスでは、レーダーターゲットをシミュレーションすることが極めて重要であるということ

です。そのため、レーダーターゲットシミュレータ (RTS) を提供しています。これは高い柔軟性と信頼性が実証された電波で反射波を返すものです。RTS では、動作中の実際のチップにステミュラス信号がリアルタイムで入力されます。つまり、RTS はレーダーチップまたはレーダーセンサからレーダー波を受信し、内部でターゲットに応じて加工、そしてそれをチップまたはセンサに返す作業をするということです。これにより、まさに現実の環境と同様に、レーダーチップとレーダーセンサの両方を稼働させながらテストできるようになります。



「世界中のお客様が、注目すべき開発プロジェクトに当社のエンドトゥエンドソリューションを利用し、電動化モビリティ、運転支援、および自動運転の実現を着実に推進しています。」

読者の皆様へ

現在の電動化モビリティ、運転支援、および自動運転の開発プロジェクトでは、各種の複雑な要素を容易に扱える新しいエコシステムを創造することが重要な課題になっています。

電動化モビリティの分野では、バッテリーやパワーエレクトロニクスなどの新しい車両テクノロジーの開発だけでなく、インフラ、情報システム、修理および保守の枠組みを再定義する必要も生じています。自動運転の分野では、AI およびクラウドベースのスケラブルなテクノロジーをさまざまなシナリオで利用して、個々のコンポーネントだけでなく複雑なシステム全体をシミュレートし、それらの妥当性を確認することが必要になっています。これらを事前に行うことで、開発車両が道路適合車としての認証を受ける際に起こり得るリスクを最小化することができます。

dSPACE では、お客様がモデルベース開発およびデータベース開発の環境を構築する際に必要なエンドトゥエンドのソリューションを提供しています。また、当社はシミュレーションから妥当性確認、認証段階に至るまでのお客様の開発全体を理解しており、ソフトウェアおよびハードウェアポートフォリオでサポートいたします。さらに、このようなサービスを世界規模で提供するため、エンジニアリングやクラウドコンピューティングなどの領域の強力なパートナーと提携しています。

当社は重要な関連テーマとしてセンサテクノロジーにも取り組んでおり、5 GHz の帯域幅で動作する業界初の新しいレーダターゲットシミュレータである DARTS 9040-G を発表しました。DARTS 9040-G は、Infineon 社の記事 (2 ページ) から分かるように、レーダセンサの開発および妥当性確認の進化という点で最初の重要なマイルストーンであると言えます。自動車業界では、電動化モビリティの存在感が増大してくるにつれて、将来に向けた刺激的な市場が極めてダイナミックに到来しつつあります。国際エネルギー機関 (IEA) によると、

2019 年における電気自動車の販売比率は依然として低いままでありますが、一般的な車両の動向とは逆に、上昇率は対 2018 年比で 40% となり、電気乗用車の台数は 210 万台に達しました。電気自動車は世界の自動車販売の 2.6% を占める結果となりましたが、その半数は中国で販売されました。IEA によれば、世界全体の 720 万台の電気自動車のうち、335 万台は中国で現在使用されています。また、自動車業界はさまざまな努力をしており、それらは世界中のお客様と提携して当社が行っている多数の開発プロジェクトでも見受けられています。dSPACE Magazine の今号では、中国のサプライヤである JEE 社、OEM メーカーである Great Wall Motors 社、そしてアラバマ大学の研究者たちが電動化モビリティを推進するために充電テクノロジー、ドライブシステム、および制御ソフトウェアの開発にどのように取り組んでいるかをご確認いただけます。こうした企業や研究者たちは、電気システムのシミュレーションソリューションや、セーフティクリティカルなアプリケーション用に認証された量産コード生成ツール TargetLink などを含む多様な dSPACE のエンドトゥエンドソリューションを利用することで、プロジェクトの短納期化や高度なセキュリティ規格などの要件に対応しています。

また、当社は、渡航や接触が制限されている現状においてもお客様へのサービスを拡充できるよう、世界中から容易にアクセスできるバーチャルショールームを開設しました。このショールームでは、dSPACE のソリューションポートフォリオを各種のデモを通じて体験することができます。バーチャルショールームは、当社のウェブサイトからアクセスしてプライベートデモをご予約いただければすぐにご利用いただけます。

最後に、皆様のご健康とご多幸をお祈り申し上げます。

Martin Goetzeler



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： Alicia Garrison、  
Dr. Stefanie Koerfer、 Ralf Lieberwirth、  
Lena Mellwig、 Simon Neutze、 Ulrich Nolte、  
Dr. Gerhard Reiß、 Patrick Pohnberg

協力： Thorsten Pueschl、 Jannis Sauer

編集および翻訳： Robert Bevington、  
Stefanie Lüdeking、 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

© Copyright 2020 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 Brilliance社  
**Test Bench in Control**  
メカトロニクステストベンチを使用したシャシ制御テスト
- 10 JEE社  
**High Voltage, Low Risk**  
FPGAとCPUを併用した柔軟なHILシミュレーションにより、モーターの効率性と開発時の安全性を向上
- 14 Sikorsky社  
**Purely Electric**  
ZFL社とともに新たな電動ローター制御システムを開発
- 20 Great Wall Motors社  
**The Versatile Electric**  
dSPACE TargetLinkを使用して電気自動車やハイブリッドカーを開発
- 24 アラバマ大学  
**Energy Shared**  
未来のモビリティに対応する車車間充電とその将来性の分析
- 28 HELLA社  
**It's the Right Strategy That Counts**  
最高レベルのASIL D規格に準拠したワークフローにより自動運転を実現
- 40 DARTS 9040-G  
**4-D Radar Simulation**  
5 GHz - レーダーターゲットシミュレータの新たな比較の指標
- ビジネス**
- 42 インタビュー： Geiger博士  
**End-to-End Training**  
Cyber Valleyでは、多くの研究者が容易に自動運転機能を拡張できるソリューションの実現に取り組んでいます
- 46 Intempora社  
**Strengthening the AD Portfolio**  
Intempora社製のソフトウェアツールにより、データドリブン開発向けのdSPACEソリューションを補完
- ニュース**
- 50 シミュレートされた運転シナリオでカメラECUをテスト
- 51 SCALEXIOシステムの新機能
- 52 MicroAutoBox III Embedded PC - 演算負荷の高い車載タスクに最適なPC拡張製品
- 53 ハイエンドのパワーエレクトロニクスシミュレーション - 専門知識がなくても実行可能に
- 53 dSPACE V-ECUタスクフォース
- 55 Our Solutions - Your Success

## dSPACE 製品

- 32 シナリオベーステスト  
**Intelligently Setting the Scene**  
AIを利用してセンサデータからシナリオを生成
- 36 MicroAutoBox III  
**Perfectly Connected**  
DS1521 Bus and Network Board搭載の新しいMicroAutoBox IIIバリエーション





メカトロニクステストベンチを使用した  
シャシ制御テスト

# Test Bench in Control

Brilliance 社は、新しいシャシ制御方式を開発するために dSPACE のステアリングテストベンチとブレーキシステムテストベンチを組み合わせた試験施設用セットアップを導入しました。



シ ャシの新しい制御方式を開発およびテストする場合は、ブレーキシステムやステアリングシステムなど、多数のコンポーネントを考慮する必要があります。これらのシステムにはさまざまな電気および電子コンポーネントが内蔵され、ドライバーが運転状況に直接アクセスできるようにするため、シャシ制御は車両安全システムの中でも重要な役割を担っています。同社は、dSPACE のステアリングテストベンチおよびブレーキシステムテストベンチを使用してシャシ制御機能の開発環境を構築し、それを活用して総合的なテストを実施することで、あらゆるシャシ制御機能の確実な動作を保證できるようにしました。

#### テストにおける課題

Brilliance 社では、開発プロセスを複数の段階に分割しています。各段階では社外のサプライヤによって特定のハードウェアおよびソフトウェアコンポーネントが提供されます。また、車両安定制御プログラム

(ESP) や電動パワーステアリング (EPS) システムについても異なる 2 つの社外ソースからの供給を受けています。これはつまり、システムの不整合をすべて排除するためには、同社のエンジニアはコンポーネントテストと統合テストの両方を実施する必要があります。たとえば、車線変更、スラローム、トラクションコントロールシステム (TCS)、ビークルダイナミクス制御 (VDC)、アンチロックブレーキシステム (ABS)、ヒルホールドコントロール (HHC) には、それぞれ個別のテストを実施していました。

#### dSPACE システムにより多岐にわたるテストを管理

上記の課題に取り組む中で、同社は dSPACE システムを採用し時間の節約とテスト時のコスト削減を図ることにしました。また、テストを開発の早期の段階にフロントローディングすることにより、できる限り早くエラーを検出し、製品の技術的完成度の向上につなげたいとも考えてい

ました。さらに、ブラックボックステスト (Brilliance 社への納入時点でテストを実施すること) により、サプライヤから提供されたコントローラを容易に検証できるようにしたいとも望んでいました。これを実現すれば、同社がまず各種のインターフェースを作成してから、そのうえでそれらを介してコントローラの内部動作にアクセスするという手間が省けるからです。

#### テストベンチの構成

Brilliance 社では、dSPACE SCALEXIO シミュレータを使用して必要なプロセッサ電力や入出力インターフェース、シグナルコンディショニング機能を供給することで、テストベンチのモーター制御を行いました (図 2)。また、計測データの記録もすべてシミュレータで実行しました。さらに、パラメータの設定、モニタリング、グラフィカル表示といったテストベンチ全体の制御には試験および計測用ソフトウェアである dSPACE ControlDesk を用いることにしました。同社は、夜間テストの場合にもす >>

ご存知ですか。dSPACE はステアリング、ブレーキ、レーダー、電気系統などの幅広い用途に対応したテストベンチや、モーションプラットフォームを使用したテストベンチを提供しています。

図 1 : 2018 年 6 月に発売された Brilliance V7 SUV は、Brilliance 社が dSPACE テストベンチを使用して開発した最初の車両です。別のモデルも既に開発中です。



画像提供：  
© Brilliance 社

#### HIL シミュレータ

- ASM Vehicle Dynamics によるピークルダイナミクスのリアルタイムシミュレーション
- カウンタモーターの力を参照するための信号
- 計測されたギアラックの移動量を提供するためのインターフェース

恒温槽を統合したテストベンチによる環境条件のシミュレーション

#### 同期モーター

- ドライバーのハンドトルクとステアリングホイールの位置をシミュレート

#### 同期モーター

- ステアリングロッドに作用するトルクをシミュレート

テスト対象システム

#### ControlDesk

- 試験の制御/モニタリング、パラメータ設定など

#### MotionDesk

- 運転操作のビジュアル表示

図 2：dSPACE のシャシ制御機能開発用セットアップを使用すると、さまざまな運転シナリオを総合的かつ正確に再現可能な形式で自動的にテストすることができます。



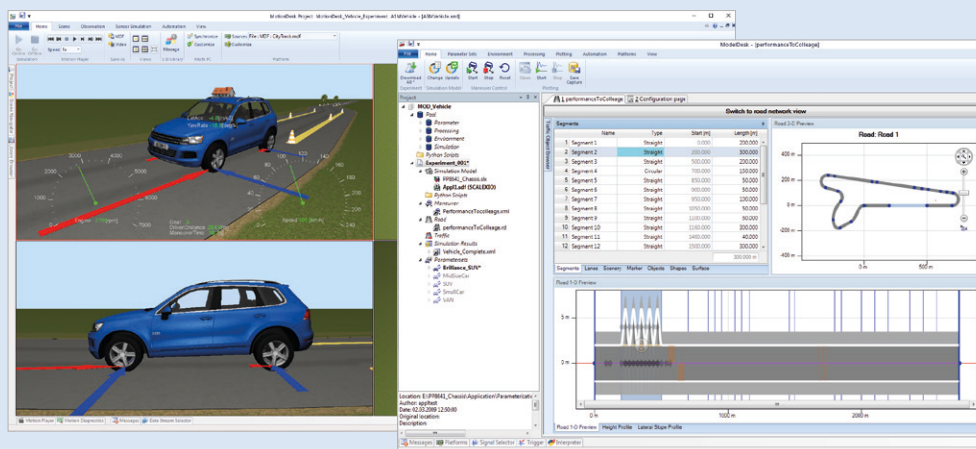
「当社のエンジニアは、さまざまなシャシ制御テストに dSPACE テストベンチを使用することで、極めて高い生産性を実現することができました。」

Chenggang Shen 氏、Brilliance 社

すべてのシーケンスを自動化できるように、dSPACE のテストオートメーションソフトウェアである dSPACE AutomationDesk を使用しました。ピークルダイナミクスのリアルタイムシミュレーションには dSPACE Automotive Simulation Models

(ASM) ツールスイートを採用しました。車両モデルのパラメータ化には、dSPACE ModelDesk の GUI を使用しました。Brilliance 社のエンジニアたちは、この開発環境を役立て、試験用の数十の運転操作と道路コースを作成しました。その際、

すべてのテストドライブを表示して運転操作をすばやく評価および変更することが可能な 3D アニメーションソフトウェアである dSPACE MotionDesk を使用しました。



- 1) テスト車両のビジュアル表示
- 2) テストコースの定義
- 3) 複雑な要素の定義

図 3：MotionDesk による典型的な 3D アニメーション (左) と路上テストをパラメータ化するための ModelDesk のユーザインターフェース (右)




**BRILLIANCE**

## Brilliance 社について

Brilliance China Automotive Holdings 社は、ミニバスや自動車用コンポーネントの製造と販売、および BMW 車の製造と販売という2つの事業を中心に活動する投資持株会社です。同社の中国における最重要事業子会社は Shenyang Brilliance Jinbei Automobile 社であり、同社の売上の約 90% を占めています。また、同社はミニバスおよびリムジンの組み立てや改造に加え、子会社を通じた金融サービスの提供にも取り組んでいます。



「dSPACE テストベンチには非常に満足しています。この強力なテストシステムのおかげで、当社の品質目標を達成することができました。」

Yiqi Zhao 氏、Brilliance 社

### 重大な運転状況のテスト

dSPACE システムの大きな強みは、実際の路上テストと同等の、明確に定義されかつ再現可能な条件を使用してラボでテストを実行できることです。これを活用すると、路上テストで再現するのは危険または不可能である、非常に特殊かつ重大な運転状況の大半を正確に解析することが可能です。また、エンジニアがテストベンチに特定のエラーを意図的に挿入してコンポーネントの技術的欠陥をシミュレートし、システムの応答を解析および最適化することもできます。これにより、同社は、プロトタイプ車両を使用して最初のテストドライブを実施する前の段階で、極めて高いレベルのテストカバレッジを達成することができました。このように、幅広い可能性を持つテストベンチを活用すれば、テストをはるかに容易かつ効率的に実行することが可能です。

### 速やかな習得が可能

dSPACE システムを使用すると、時間を節約しながらもテストに関連する多数のタ

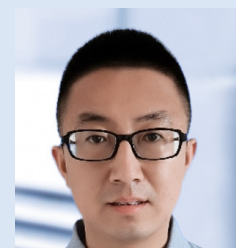
スクを容易に実行することができますが、このシステムのもう1つの卓越した特長は短期間で習得できることです。Brilliance 社においては、エンジニアたちが dSPACE システムの操作についてサポートを必要としたのは最初のわずかな期間のみであり、ほんの数週間後には彼らはそれを自ら駆使して極めて生産的に各プロジェクトの作業を行うことができました。

### さらなるプロジェクトを計画

Brilliance 社では、dSPACE ステアリングテストベンチと各種の dSPACE ソフトウェアツールを基に構築されたシャシ制御開発環境を長期にわたって使用しています。これは、Brilliance V7 SUV (図 1) のテストや 2018 年 6 月の同 SUV の市場投入時にも非常に役立ちました。こうした優れた成果を受け、同社は他のプロジェクトでも dSPACE の開発環境を既に利用しており、さまざまな機能拡張も計画しています。 ■

Chenggang Shen 氏、Yiqi Zhao 氏、  
Yancheng Zhang 氏、Brilliance 社

Yancheng Zhang 氏、  
Brilliance 社



# High Voltage, Low Risk



FPGA と CPU を併用した柔軟な HIL シミュレーションにより、  
モーターの効率性と開発時の安全性を向上

最新の Electric Drive は、高出力であると同時にマイクロ秒単位での制御も完璧に行えるようになってきました。こうした高出力を発揮しながら信頼性の高い動作を保証する効率的なプラットフォームは、今日の駆動システムを開発するメーカー各社にとって不可欠です。JEE 社では、このような Electric Drive の実現に向けて、dSPACE の強力なモデリングソフトウェアや SCALEXIO ハードウェアによる HIL (Hardware-in-the-Loop) テストを活用しています。

「このプロジェクトでは、オープンな dSPACE モデルライブラリを使用することが非常に重要でした。ASM や XSG ライブラリにより、実際のテストベンチでは極めて難しい課題であったラボ条件下での計測を実行することができました。」

Ying Jiang 氏、JEE 社

JEE 社は、中国の大手 Electric Drive システムサプライヤーであり、個々のコンポーネントからモーターやコンバータ、減速ギアを高度に統合したソリューションに至るまで、さまざまな分野で開発を行っています。同社では、産業用車両や乗用車向けの完全なバッテリー電源システムだけでなく、プラグインハイブリッド車 (PHEV) 向けの Electric Drive システムの開発にも重点を置いています。ISO 26262 規格においては、モーター制御システムの機能安全も保証するよう求められています。同社は、Electric Drive 開発時の安全性を確保しながら可能な限り最高の効率性を実現するため、dSPACE HIL システムを活用して開発の早期の段階でソフトウェアの安全性テストとターゲットハードウェアの妥当性確認を行うことにしました。

### 多段階の制御

一般的なモーター制御システムは、コントローラとパワーモジュールで構成されています (図 1)。この強力なシステムによってアルゴリズムが計算され、制御信号が高電圧の 3 相交流に変換されることで、モーターが駆動します。モーターによって生まれたトルクは、ドライブトレインに伝達されます。

### 妥当性確認のシステムと設計

dSPACE では、JEE 社がモーター ECU の妥当性を確認できるよう、信号レベルのシミュレーション用に設計された HIL シミュレーションシステムをカスタマイズして提供しました。これにより、同社はパワーステージをバイパス処理する HIL シミュレータに ECU の実際のコントローラを接続し、関連する信号のみを入力できるようになり

ました。このプロセスの利点は、ラボの条件下で実際の電流や電圧を生成することなく、コントローラの妥当性を十分に確認できることです。HIL シミュレーションを使用することで、テスト段階で起こりかねない危険な電圧や電流のリスクを回避し、コストやリソース消費を削減し、さらには職場の安全も確保できるようになります。

### HIL シミュレータのモデル

この HIL システムでは、シミュレーションモデルにインバータモデル、モーターモデル、バッテリーモデル、および機械モデルを統合したモデルトポロジが採用されています (図 2)。インバータおよびモーターモデルの動特性と制御プロパティを向上させるには高速なシミュレーションと処理が必要であり、そのためにはシミュレーションアルゴリズムをフィールドプログラマブル >>

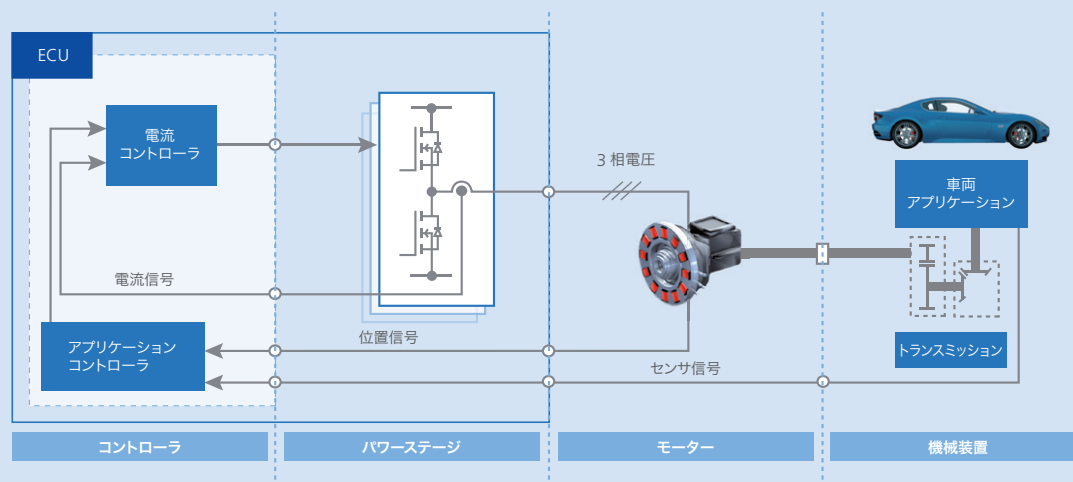


図 1: モーター制御の構成

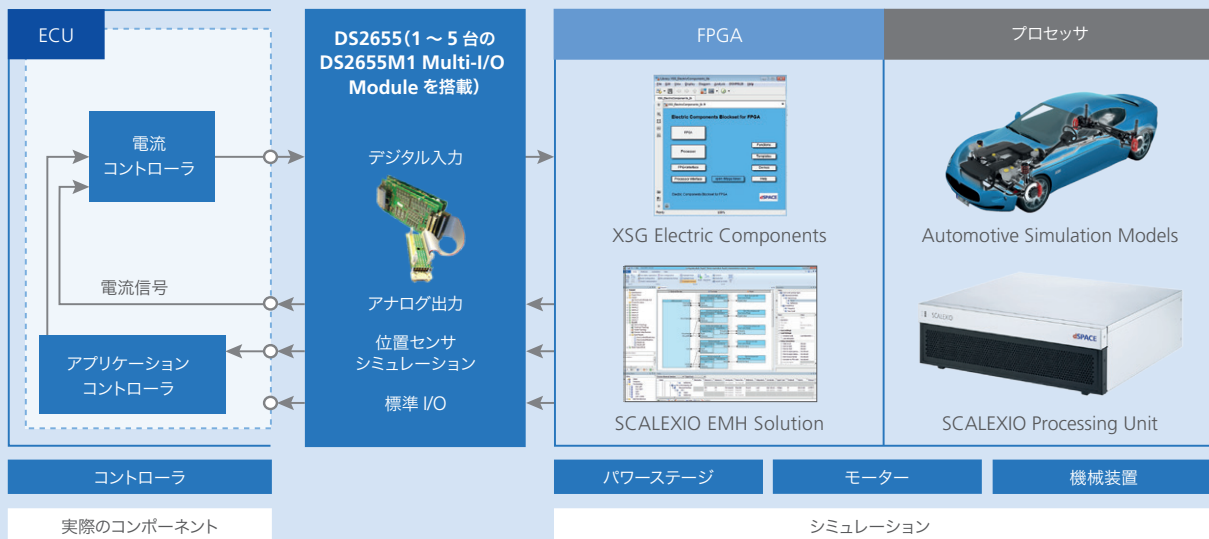


図2: HIL モデルの構造

ルゲートアレイ (FPGA) を使用して実装する必要があります。そのため、JEE 社のシミュレーション構成は段階的に分割されています (図3)。FPGA 部分には高速処理が必要なモデル (インバータ、モーター、およびレゾルバ) が含まれているのに対し、メインプロセッサ部分には負荷モデルなどの時間的制約の少ないモデルが含まれています。

#### 容易に調整できるオープンなモデル

JEE 社のシミュレーション構成では、

dSPACE XSG Electric Components LibraryとASM Electric Componentsのソフトウェアモデルも中心的な役割を果たしました。同社は、dSPACE ASMのオープンなライブラリを使用し、車両全体のシミュレーションや、非同期モーターやコントローラなどといった単独の部品のシミュレーションを行いました。また、XSG Electric Components Libraryも活用することにより、さまざまなお客様がdSPACEエンジニアリングサービスと併用して新しいモデルを開発できるようにしま

した。さらに、JEE社は既存の非同期モーターモデルを修正して非同期モーター向けのコントローラを開発し、計測作業も行えるようにしましたが、これはプロジェクト全体の成功の決め手となるほど重要でした。なぜなら、計測テストは実機テストベンチ上で実施することもできますが、その方法には大きな課題があるためです。

#### 機能安全

JEE社では、モーター制御システムの安全機能の開発やテストを行う際には、障

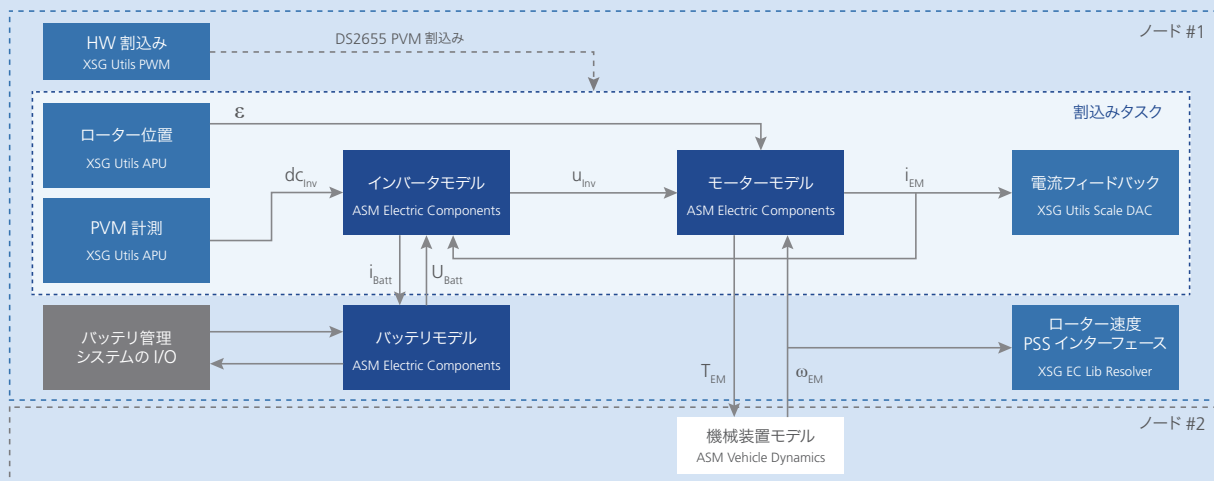


図3: モデルトポロジ

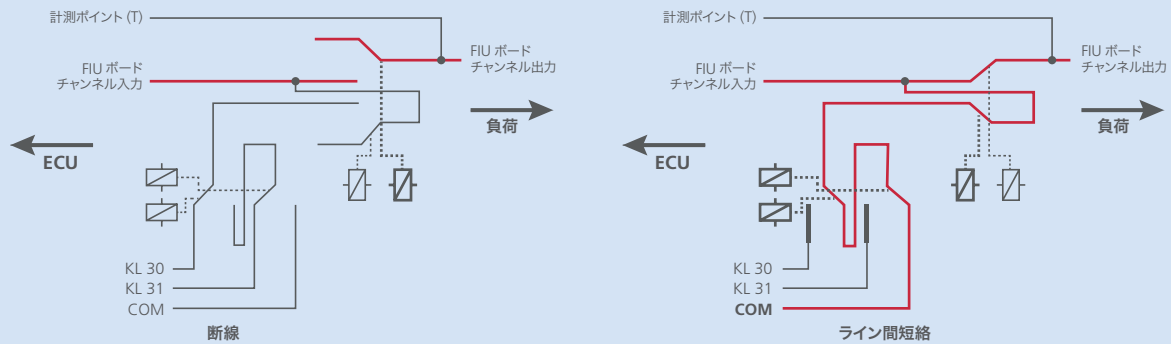


図 4：欠陥生成ユニット (FIU) のダイアグラム

「dSPACE HIL システムを早期の段階から使用したことにより、開発プロセス全体の効率性と作業の安全性が大幅に向上しました。」

Ci Zhang 氏, JEE 社

害を制御システムで診断し処理する制御方式をテストするため、HIL システムでさまざまな障害のシミュレーションを行いました。ECU のワイヤーハーネスに対しては、主に dSPACE HIL システムの欠陥生成ユニット (FIU) の障害診断ユニットを使用して、グラウンドまたは電位への短絡やピン間の短絡、電圧降下など、ワイヤーハーネスに発生し得る障害をテストしました。これは、対応するハードウェアモジュールを RS232 インターフェース経由でホスト PC から制御しながら実行しました。安全関連機能のテストや欠陥挿入は、dSPACE HIL システムの欠陥生成ユニットを活用することで簡単に実行できました (図 4)。未完成のシステムに対しては、柔軟性に優れたリアルタイムレストバスシミュレーションで対応しました。また、各種のテストケースは再現可能な形式だったため、同社は開発期間を短縮することもできました。

#### テストオートメーション

テストオートメーションは、HIL テストの重要な要素の 1 つです。テストオートメーションでは、あらかじめ設定された自動化シーケンスに基づいて、テストとコミッショニングを反復可能な形で自動的に実行します。JEE 社では、さらに複雑なテストルーチンを実行できるようにするため、dSPACE エンジニアのサポートを受けながら、dSPACE ControlDesk の Python

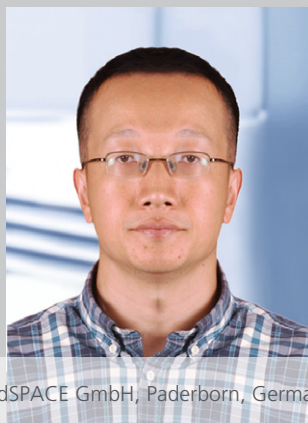
API ライブラリを使用してテストケースをプログラミングしました。また、さまざまなプロジェクトに対応するため、HIL テストオートメーションプラットフォームを構築し、HIL テストケースのデータベース作成も実行しました。これにより、開発時の効率性とテストケースの再利用性が大幅に向上しました。

#### 結果

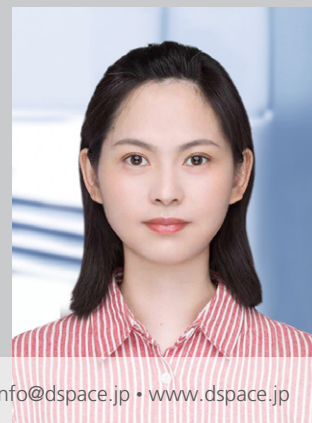
JEE 社では、開発の早期の段階から実際のテスト段階に至るまで、広範囲に dSPACE HIL システムを活用したことにより、モーター制御プロジェクトを極めて迅速に遂行することができました。そのた

め、製品の技術的完成度を効率的に高めつつ実機テストベンチの運用時間を削減し、さらには HIL システムによってリソース消費の削減と職場の安全性向上も実現することができました。■

Ci Zhang 氏  
研究開発部門の責任者、  
JEE 社、合肥 (中国)



Ying Jiang 氏  
シニアシステムエンジニア、  
JEE 社、合肥 (中国)





# Purely Electric

ZFL 社とともに  
新たな電動ローター制御システムを開発

Sikorsky 社では、ZF Luftfahrttechnik (ZFL) 社と協力して新たな電動ローター制御システム (LIBRAS™) を開発しています。このシステムは単体でヘリコプターの主飛行制御を行ったり、個別ブレード制御により振動と騒音を低減できるだけでなく、省電力やその他のパフォーマンス強化も実現できるシステムです。同社は、dSPACE システムを使用しローターヘッドから読み込んだセンサデータ进行处理してシステム制御することで、さまざまな制御機能の確認や最適化を行っています。

National Full-Scale Aerodynamics Complex (NFAC) の 80 x 40 フィートのテストセクションで風洞試験を行う様子。



ヘリコプターが世界で初めて飛行に成功したのは 1939 年のことです。VS-300 という名のこのヘリコプターは、単一のエンジンと可変ピッチを備えた設計の 3 ブレードローターによって気流を捉え垂直に上昇して飛行する設計であり、航空業界のパイオニアである Igor Sikorsky 氏によって考案されました。それ以来、従来型のヘリコプターの構成は基本的にほとんど変化しておらず、現代のヘリコプターも内燃エンジンを動力源とし、ブレードの付いたローターにより離陸、着陸、ホバリング、および前後方向への飛行を行っています。ヘリコプターの大型化と重量増加に際しては、パイロットが飛行動作を容易に管理できるよう油圧制御システムが搭載されました。しかし、この電動化の時代において、ヘリコプターは大転換期を迎えようとしています。

#### 油圧ソリューションから電動ソリューションへの移行

今日のヘリコプター制御システムでは、空力面を移動するために油圧サーボが使用されていますが、業界の関心は電動ソリューションに移行しつつあります。しかし、完全電動ヘリコプターを実現するには、油圧コンポーネントを電動システムに適切に置き換えられるという確実な証明が必要となります。航空機メーカーである Sikorsky 社 (Lockheed Martin 社傘下) は、ヘリコプターコンポーネントの国際的なサプライヤーである ZF Luftfahrttechnik (ZFL) 社とともにそれが実現可能であると見込んでおり、ドイツ政府や米国政府のサポートを受けながら、完全電動ブレード制御システムに基づいた新たなローター制御テクノロジーを共同開発し、高速ローターシステムに適用しようと試みています。両社が開発している electrical Blade Root Actuation System (LIBRAS™) であれば、これまで飛行制御の管理に使用されてきた油圧コンポーネントを LIBRAS に置き換えることで、さらに数多くの利点を生み出せる可能性があります。Sikorsky 社のフライトサイエンステクノロジー主任である Chris Sutton 氏は、「当社がこの開発プログラムで設計およびテストしている新しい個別ブレード制御 (IBC) システムは、 >>



画像提供：© Sikorsky

図1：従来型の制御システムを搭載した Sikorsky S-92 ローターヘッド。油圧サーボ（視認不可）はスワッシュプレート下部にあります。

独自の電動アクチュエータによって複数のローターブレードの個別制御を実現するだけでなく、その他多くの利点を提供することが可能なヘリコプターの革新的な制御方法です」とし、「このシステムには、騒音の低減や燃費の向上だけでなく、一般的にはパイロットの疲労や乗客の不快感の原因となり、航空機のコンポーネントを消耗させる機内振動も削減できる利点があります」と述べています。

#### ブレードピッチの制御 - 従来的方法

従来のヘリコプターの設計において、航空機の上昇や飛行の方法を決定付けるのはローターのブレードピッチです。対気速度の変化や上昇または下降速度はすべてローターブレードの角度によって制御されます。気流は、ピッチが増大するほど増大します。ブレードピッチは、ヘリコプターの飛行制御システムに接続されたスワッシュプレート装置によって機械的に制御されます（図1）。ローターブレードがローターシャフト周辺の円軌道上を移動する際には、飛行制御システムが油圧サーボに入力を送信し、それにより油圧サーボがプッシュロッド経由でローターブレードを動かして、スワッシュプレートに角度を調整す

るよう命令します。スワッシュプレート装置のおかげでパイロットはどの方向にでもヘリコプターを移動できますが、この装置は運動上の制限を伴う設計となっています。スワッシュプレートは回転しない固定フレームに取り付けられているため、ブレードピッチの動きは最適とはほど遠いローター1回転あたり1サイクルに制限されてしまいます。そのため、Sikorsky社では、ローター設計の効率化と最適化を実現する手段として、個別ブレード制御（IBC）テクノロジーをZFL社とともに開発しています。このテクノロジーでは、ブレードごとに専用のアクチュエータを1つつつ使用することで、ピッチ振動をより高周波なもの（通常は高調波）に変換する作業と、主飛行制御を1回転ごとに1回行うという作業の両方を単一のシステム内で実現することができます。Sutton氏は、「IBCシステムでは、ブレードごとに異なる入力を与えつつ、いわゆる高調波制御も行うことができます」とし、「従来の制御システムでは、ローターヘッドに1回転ごとに1回という固定化された制御入力しか適用できないため、各ブレードのピッチは1回転ごとに1回上下するだけですが、高調波制御では、ブレードのピッチを1回転ごとに

2倍以上にすることができます。IBCでは、高調波制御と個別ブレード制御を同時に行えるため、うまく適用すれば、振動の削減や効率性の向上などが可能になります」と説明しています。

#### 個別ブレード制御（IBC）テクノロジー

ZFL社は長年にわたり、IBCのコンセプトを他社に先駆けて開発してきました。同社は実際に複数のシステムを開発し、さまざまな風洞プロジェクトや飛行テストプロジェクトでの実証に成功してきました。IBCテクノロジーを利用したヘリコプターの飛行テストでは、機体振動が最大で90%削減され、放射雑音も3～9 dB軽減され、ローターの出力要件は一貫して5%以上削減されています。このような動的なシステムでは、飛行中にローターを追跡したりバランス調整したりしてブレード間の相違を補正し、危険なFOD（異物による損傷）の影響を相殺するための再設定機能を提供することが可能です。ZFL社では、多重冗長電気機械式高性能アクチュエータをベースとした斬新なローター制御システムの開発を開始しています。このシステムのアーキテクチャ設計では、すべての油圧コンポーネントを置き換える（つまり、プッシュロッド、スワッシュプレート、油圧ブースタを使用しない）ことが可能だけでなく、機体からローターブレードに至るまでのあらゆる機械制御リンクを排除することができます（図2）。IBCシステムからスワッシュプレートを排除できれば、あらゆる機能を実現できるようになり、上記の利点（振動や騒音の低減、省電力、およびパフォーマンスの向上）も可能になります。また、油圧システム全体を排除できれば、油圧機器を動作させるための加圧された高温かつ引火性の高いオイルを航空機に積み込む必要がなくなるため、さらなる安全上の利点となります。

#### 油圧アクチュエータに匹敵する出力

IBCテクノロジーとそれに対応する電動装置の利点は多数ありますが、両社では油

「当社の電動ローター制御システムにおける目標を達成するうえで、dSPACE システムは不可欠な存在になっています。」

Chris Sutton 氏、フライトサイエンステクノロジー主任、Sikorsky 社



圧アクチュエータの極めて高い出力密度に匹敵する出力を実現するための改良を施したり、システムの軽量化に向けてまったく新しい制御システムトポロジを採用したりする必要がありました。また、主制御および IBC の機能を単一のシステムに統合することも極めて重要でした。このような設計が実現すれば、主制御システムに求められる信頼性レベルを確保しつつ、地上共振の抑制といったセーフティクリティカルなアクティブ制御アプリケーションにも応用できるようになるだけでなく、(ブレードピッチアクチュエータやブレード自体といった) ある特定のブレードに局所的な欠陥があった場合にも、適切に再設定した制御入力を残りのブレードに適用することにより、ヘリコプターの飛行状態を補正できると考えられます。Sutton 氏は、さまざまなシミュレーションを通じて、このようなコンセプト自体は検証できたものの、適切な環境でハードウェアを使用してテストを行う必要が依然としてあるものと考えました。

### コンセプトの妥当性確認

Sikorsky 社は、IBC 設計コンセプトの実現性を検証するため ZFL 社と提携し、現実的な動作条件下でフルスケールのハードウェアをテストするという技術実証を開始しました。Sikorsky 社では、機械制御および主制御のパフォーマンス、作動負荷、機械インターフェース、および IBC のパフォーマンスに関する高レベルのシステム要件をすべて定義しました。また、それぞれの高調波周波数で必要な IBC の動作権限を推定するためのシミュレーションも行いました。IBC テクノロジは、振動や騒音の低減といった確立された用途だけでなく、(上昇補正の最適化やローター間隔の狭小化が可能な) 同軸剛性ローターの実現においても、求められる諸々の独自要件に対応した革新的な機能を提供できると期待されています。

### システムアーキテクチャ

ZFL 社では、規定されたシステム要件に基づいてシステムコンセプトをまとめ、Sikorsky 社との間で調整しました。高レベルのシステムアーキテクチャは、電気機械式アクチュエータ (EMA) と、アクチュエータ出力制御ユニット (APCU) と呼ばれる出力および制御エレクトロニクスを搭載した LIBRAS™ ローターハブ (図 3) を

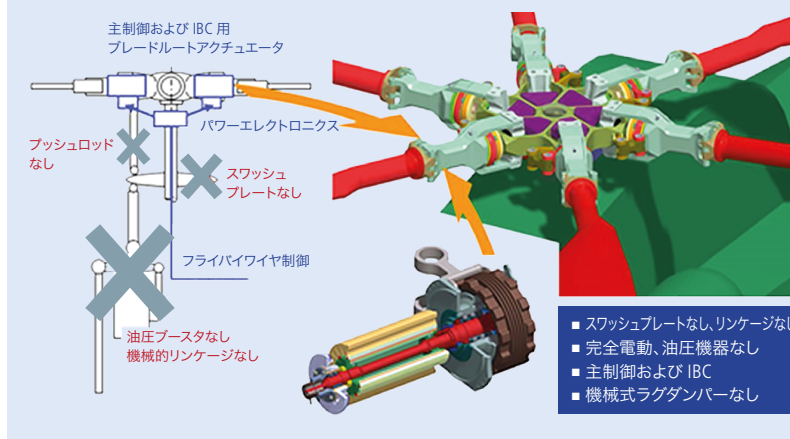


図 2 : スワッシュプレートのない電動ローター制御システムのアプローチ

有しており、ZFL 社製のコンポーネントの大半を回転フレーム内に設置しています。これらは、システムアーキテクチャのダイアグラム (図 4) では、赤、緑、青の色で示されています。制御および電源機能のハードウェアおよびソフトウェアエレメントは、主に非回転フレームに配置されています。包括的な三重冗長アーキテクチャは、容易に見分けが付くようになっており (赤、青、緑で示され、それぞれの色は三重冗長システムの各「レーン」を表す)、電源から電気機械式アクチュエータやそのセンサに至るまで、すべてが連結されています。システムアーキテクチャの主要コンポーネントを以下に示します。

#### 回転フレームコンポーネント :

- 電気機械式アクチュエータ (EMA) x 4
- アクチュエータ出力制御ユニット (APCU) x 3 (受信コマンド信号の処

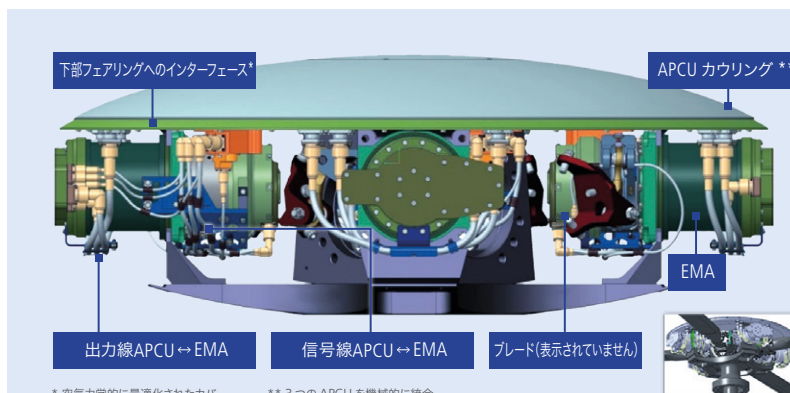
理、パワーエレクトロニクス制御、アクチュエータの位置制御、電流、トルク、温度などのさまざまな制限を順守しているかの監視)

- ローター方位角センサ x 3 (実際のローター位置を確実に参照できるようにするために必要)
- データ取得システム (DAS) (センサ信号の受信、およびブレードの負荷やその他の安全性に関連する飛行パラメータのモニタリング)

#### 非回転フレームコンポーネント :

- 飛行制御コンピュータ (FCC) x 1 の構成は次の通りです。
- パイロット制御コンソール (主制御にオペレータの入力を提供)
- 高調波コントローラ (入力したプリセット値またはリアルタイムセンサ信号に基づいて計算された適切な振幅値および >>

図 3 : LIBRAS™ ローター設計の CAD モデル



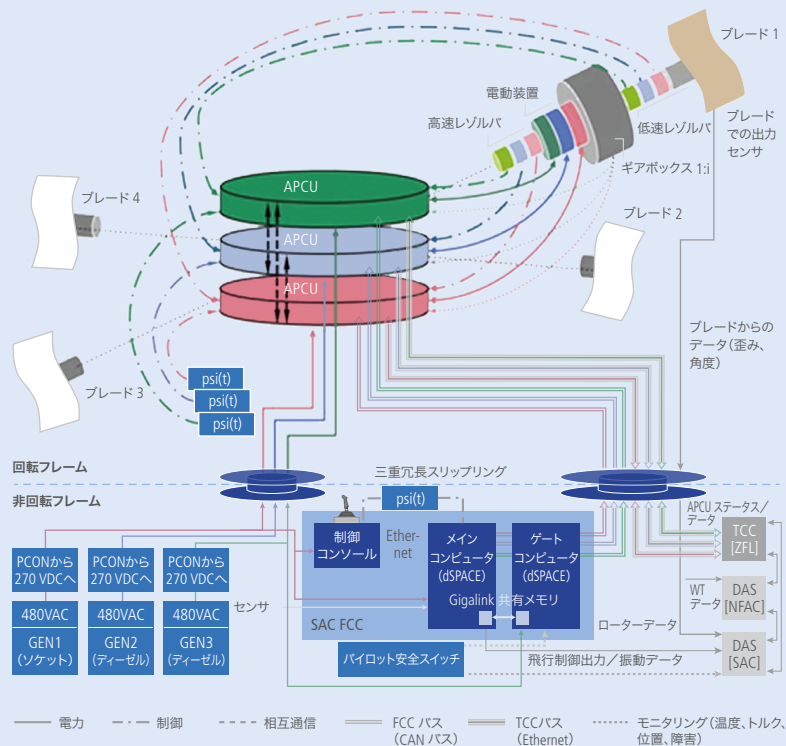


図4：高レベルのシステムアーキテクチャと周辺構成の制御/モニタリング

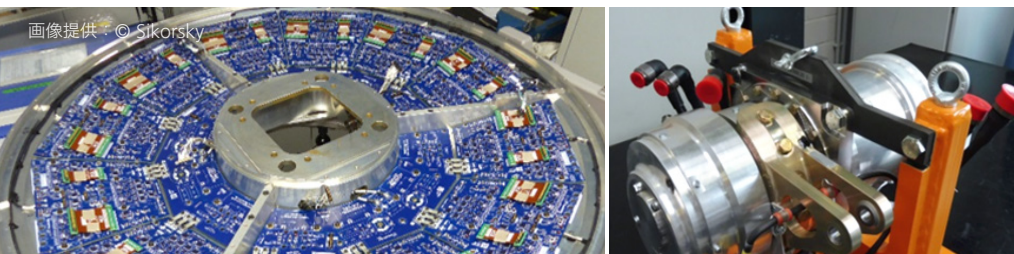
フェーズ値を、dSPACEシステムによって高調波コンポーネントやブレード個別のコンポーネント向けに合成)

- ゲート検証システム (制御範囲および制御速度エンベロープに対するパイロットやHHCの制御入力を、別のdSPACEシステムによってモニタリングし無効なコマンドや範囲外のコマンドを防止)
- テスト制御コンピュータ (TCC) x 1
- 電源 x 3
- データ取得システム

Sikorsky社とZFL社は先進的な制御システムを組み込んだテストプラットフォームを構築し、それを使用してローターハブと

ローターブレードの設計を完了したうえで、それらをアクチュエータ、パワーエレクトロニクス、およびパワーコンバータとともに製造しています。他のシステムコンポーネントと一体化されたローターハブとローターブレードは、機械部品や電子部品も含めて非常に洗練された設計となっています。図5には、ローターフェアリングに取り付けられた冷却と抵抗値減少のためのカスタマイズ型出力および制御エレクトロニクスハードウェア (APCU)、ならびに極めて信頼性に優れた高度に統合された高出力密度のカスタムローターアクチュエータ (EMA) が示されています。

図5：アルミニウムカウリングのアセンブリ (左) と電気機械式アクチュエータ (右)


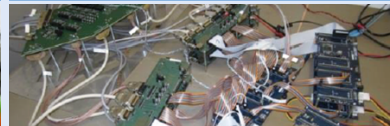
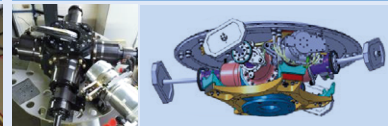


## シミュレーションとテスト

Sikorsky社とZFL社では、機械設計や電気機械式アクチュエータを検証し、ソフトウェアの妥当性を確認するため、コンポーネントレベル、サブシステムレベル、およびシステムレベルでシミュレーションおよびテストを実施しています。また、DO-178規格に基づいて各種要件を検証するため、高度に自動化されたテスト環境でさまざまなソフトウェアのテストを実行しています。これには、複雑なセンサデータの処理、位置制御、およびアクチュエータ制御ユニットソフトウェアの相互通信、投票、エラー処理などの機能が含まれます。さらに、熱シミュレーションを行って、さまざまな動作条件下での熱分布を検証しています。

## dSPACEシステムの特長

ZFL社とSikorsky社では、さまざまな研究開発にdSPACEシステムを利用しています。たとえば、ZFL社では、コンポーネントやサブシステムテスト向けのあらゆるテスト装置の制御とモニタリングをdSPACEシステムで行っています。Sikorsky社では、リアルタイムアプリケーションを処理および計算するための4枚のDS1005 PPC Board、信号をシミュレートおよび計測するためのDS2202 HIL I/O Board、デジタル信号を生成および取得するためのDS4002 Timing and Digital I/O Board、および複雑なセンサ信号波形をシミュレートするためのDS2302 Direct Digital Synthesis Boardを搭載したdSPACEシステムを利用しています。dSPACEコントローラでは、制御入力の最適値を特定するため、ローターの加速度計や歪みゲージなどのセンサデータ入力を受信し、データを処理したうえでこの情報を制御アルゴリズム上で利用します。dSPACEシステムでは、振動、ブレードの負荷、必要な出力などの関連パラメータを低減したり変更したりするため、振幅、高調波相、および個別ブレード向けのコマンドを提示します。パイロット制御コマンドについては、dSPACEコンピュータが高調波やブレードごとの制御と併せてデジタル処理を行ってパッケージ化し、三重ストリームとしてローターヘッドのZFL IBCに送信します。Sutton氏は、「目標を達成するうえで、dSPACEシステムは不可欠な存在になっています」と述べています。

コンポーネントレベル (完了)	サブシステムレベル (完了間近)	システムレベル (開始済み)
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 電源ユニット</li> <li>■ 出力制御ユニットコンバータ</li> <li>■ アクチュエータ制御ユニット (最初のハードウェアテスト)</li> <li>■ アクチュエータ制御ユニット (ソフトウェアモジュールテスト)</li> <li>■ モーター</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 電気機械式アクチュエータ</li> <li>■ アクチュエータ制御ユニット: ハードウェアとソフトウェアの 統合テスト</li> <li>■ アクチュエータ出力制御ユニット: 機能統合テスト</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ LIBRAS システム(非回転)</li> <li>■ LIBRAS システム(回転)</li> <li>■ ブレードシミュレータ使用</li> </ul>
		

画像提供：© Sikorsky

図 6：認定テスト：コンポーネント、サブシステム、およびシステムレベル

#### 今後の展望と将来のテスト

ドイツの ZFL 社で認定テストの大部分が完了した後、全システムが 2020 年に米国の Sikorsky 社に発送され、そこでシステム統合ラボのテスト準備が開始されました。テストの主な目的は次の通りです。

1. LIBRAS IBC システムのテスト対象部品を組み立て、機械的統合を検証
2. (dSPACE システムを主要コンポーネントとする) Sikorsky 社製飛行制御コンピュータの動作を完全統合システム上で検証
3. さまざまなローター速度や制御動作を使用して、LIBRAS システムの動作の妥当性を確認
4. 誘発した障害に対して、三重システムアーキテクチャの堅牢性を実証
5. 風洞施設の搬入基準要件へ準拠を確認 (耐久テスト、振動テスト、および過速度テスト)

同社では、これらのテストの完了後に風洞テストを実施し、主飛行制御の実証、IBC テクノロジーの利点の定量化、および IBC 設計とその実装上の課題の評価を行いました。風洞テストでは、dSPACE システムがコマンドをパッケージ化して、パイロットの制御機能とともに人間のパイロットに送信します。この人間のパイロットは、風洞に隣接した制御室でジョイスティックを用いてモデルを飛行させます。コマンドが実行されると、コントローラはセンサデータを読み込んで変更部分を評価するというプロセスを繰り返します。Sutton 氏は、「風洞内では、当社の今後のヘリコプター

プラットフォームへの活用という観点から、IBC システムが各種パラメータに与える影響を幅広い対気速度および条件下で時間をかけて確認しています」とし、「システム統合ラボでの各種テストと風洞テストが非常に良好に進めば、当社の技術開発における合理的な次のステップとして、飛行テストを含むさらなる取り組みを今後検討していきます」と述べています。Sikorsky 社と ZFL 社は最終的に、主制御機能と IBC 機能の両方を組み合わせた完全電動「スワッシュプレート」制御システムの実現を目指す考えです。■

Chris Sutton 氏、Sikorsky 社

#### Chris Sutton 氏

エンジニアリング科学グループのフライトサイエンステクノロジー主任、Sikorsky 社 (Lockheed Martin 社傘下)、ストラトフォード (コネチカット州、米国)



Great Wall Motors 社 : dSPACE TargetLink を  
使用して電気自動車やハイブリッドカーを開発

# The Versatile Electric

Great Wall Motors (GWM) 社では 10 年以上にわたり、開発目標の 1 つとして新しいドライブテクノロジーに注力しており、電気自動車やハイブリッドカーの開発施設やテスト施設を構築しています。同社は現在、プラグインハイブリッドカーの Wey P8 や電気自動車の Ora R1 といった革新的な量産車ブランドを含む広範な製品ポートフォリオを有しており、その開発においては量産コード生成ツールである dSPACE TargetLink や関連する TargetLink エコシステムツールを使用しています。





画像提供：© Great Wall Motors

**電** 気自動車やハイブリッドカー、さらにはこれらの充電インフラには、多数のセーフティクリティカルな機能が備えられていますが、それらの開発は安全要件に準拠して行う必要があります。量産前には確実に妥当性確認を行わなければなりません。セーフティクリティカルな機能には、過充電や過熱を防止するバッテリー管理機能、トルク制御機能、制動および回生機能、電動ステアリングシステムの安全機能、電圧制御を伴う充電ステーション管理機能などが含まれます。GWM 社では、関連する ECU ソフトウェア機能を開発し、生成した量産コードの妥当性を確認するため、多数の専用ツールを組み合わせた高度なツール環境を使用しています。

#### 協調型のツール環境

同社では、Electric Drive やハイブリッドドライブのソフトウェアのほとんどを一元的に開発したうえで、それらを GWM ブランドの各車に実装しています。また、同社は

作業の多くを通常 1 チーム最大 20 名ほどのメンバーが分散して行っています。複雑な要件の管理には IBM® Rational® DOORS® を使用しており、新エネルギー部門では 2015 年以降、量産コード生成ツールである dSPACE TargetLink も使用して 10 以上のプロジェクトを展開しています。このツールは、分散型のチーム環境にも十分に対応しています。さらに同社は機能安全の専門チームを設けており、そこでは一般的な規格や標準、GWM 社固有のガイドラインを含むすべての安全関連要件への準拠を確認しています。同社は現在、Simulink®/Stateflow® ベースの機能を TargetLink で直接モデリングしています。TargetLink は AUTOSAR や各種シミュレーション機能 (MIL、SIL)、TargetLink Data Dictionary で集中的に使用されています。また、AUTOSAR アーキテクチャのモデリングと統合には dSPACE SystemDesk アーキテクチャツールを、TargetLink での効率的な AUTOSAR ラウンドトリップの実行には SystemDesk

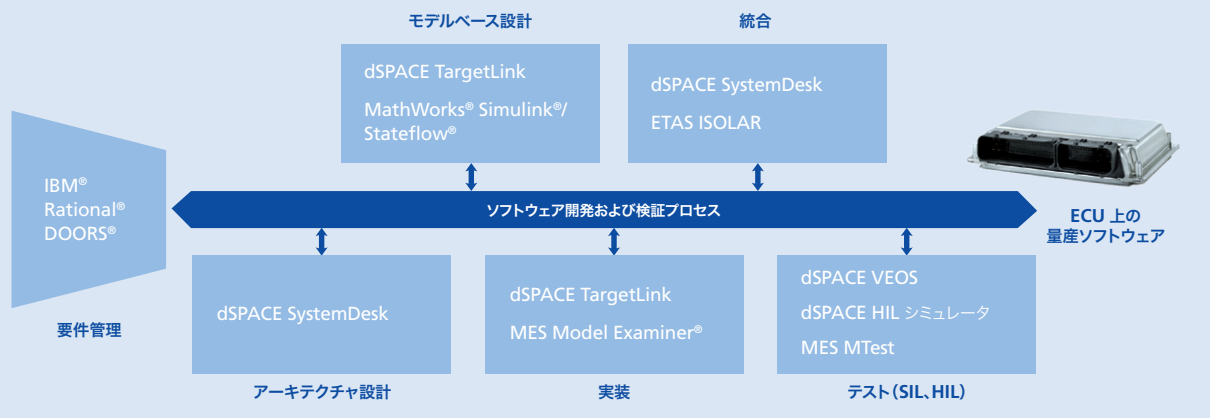
を採用しています。さらに、シミュレーションソフトウェアである dSPACE VEOS を用いて、SystemDesk で生成したバーチャル ECU (V-ECU) のテストを HIL テストより早期の段階で実行しています。なお、GWM 社固有のモデリングガイドラインへの準拠を確認する場合には MES Model Examiner® を、Simulink® や TargetLink モデルを要件ベースでテストする場合にはテスト管理ツールである MES MTest を使用しています。ソフトウェアを ECU に実装した後は、dSPACE HIL シミュレータでの HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションを通じて妥当性確認を行っています。

#### 量産コードの最適化

2015 年 3 月に、GWM 社は主な量産コード生成ツールを評価し、それらのベンチマークを検討した結果、特に強力で自社の要件に最適である dSPACE TargetLink を導入しました。それ以降、TargetLink は同社の開発プロセスの不 >>

「TargetLink は高い品質、効率性、および優れた可読性を備えたコードを生成できるだけでなく、連続操作における安定性や他のツールとの相互運用性にも優れているため、私たちは導入当初から非常に満足しています。」

Xuechen Zang 氏、Great Wall Motors 社



GWM社では、dSPACE TargetLink、TargetLink エコシステム、およびその他のツールを使用して、電気自動車やハイブリッドカーの開発や妥当性確認を行っています。

不可欠な要素となっています。また、導入初期には dSPACE 担当者による迅速なサポートを受けられたため、関連プロセスをすばやくセットアップすることができ、新しいツールを使用した業務をごく短期間で軌道に乗せられました。同社は現在、ECU アプリケーションソフトウェアのほぼすべてのコンポーネントに TargetLink を使用しています。TargetLink は高い品質、効率性、および優れた可読性を備えたコードを生成できるだけでなく、連続操作における安定性や他のツールとの相互運用性にも優れているため、同社は導入当初から非常に満足しています。また、TargetLink Data Dictionary が同社のあらゆるプロジェクトにおいて極めて実用的であることも分かりました。たとえば、インターフェース、計測、および適合の各変数の管理や A2L 形式の変数記述ファイルの生成にも

TargetLink Data Dictionary を活用しています。TargetLink の API では、A2L 生成時にライブラリ関数を処理したり情報を追加したりするなどのプロセスを加えた独自のスクリプトを使用することが可能です。

#### 検証済みのソフトウェアをさまざまな車両シリーズに展開

GWM 社が量産車向けに上記のツール環境でソフトウェアによる開発と妥当性確認を行った例としては、四輪駆動プラグインハイブリッド車である Wey P8 シリーズと、2018 年末に発売された都市交通特化型の電気自動車である Ora R1 があります。Wey P8 は、燃費向上と排気ガス削減が可能なハイブリッドドライブを搭載しており、四輪駆動と内燃駆動 / Electric Drive のオルタナティブドライブの組み合

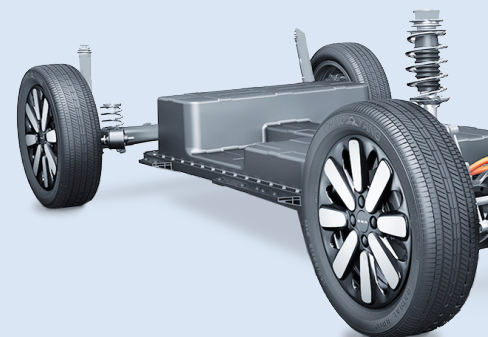
わせにより、ドライバーが運転する楽しみを得られる車両となっています。Ora モデルはすべての車両に同一のインテリジェントな新エネルギープラットフォーム（ハードウェア / ソフトウェア）を採用しており、ここから多数のモデルバージョンを展開できるようにしています。これは、中国製で初めての電気自動車専用プラットフォームです。

#### 今後の展望

GWM 社では、TargetLink と上記のツール環境を引き続き使用して、将来的に社内ですらに多くのソフトウェアを開発する計画を立てています。今後は、このような形でさまざまな AUTOSAR 機能やセーフティクリティカルな機能を開発することの意義はますます大きくなっていきます。この点について、TargetLink は AUTOSAR



電気で走行する Ora R1



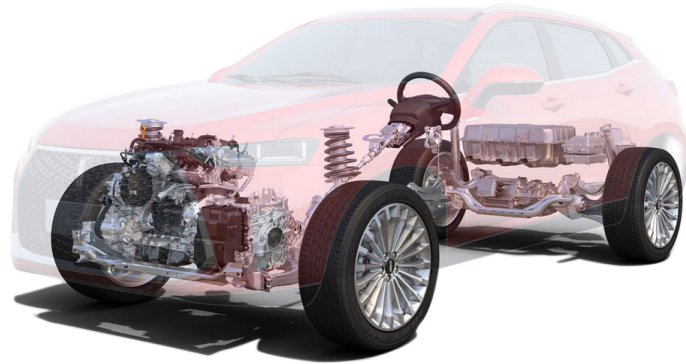


画像提供：© Great Wall Motors

上および右：強力なプラグインハイブリッド車である Wey P8

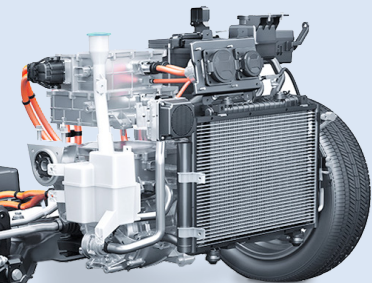
規格を直接的にネイティブサポートしており、ISO 26262、ISO 25119、および IEC 61508 に準拠したソフトウェア開発の認証にも対応しているなど、各種の必須条件を満たしています。 ■

Xuechen Zang 氏、Hangdi Yao 氏、  
Great Wall Motors 社



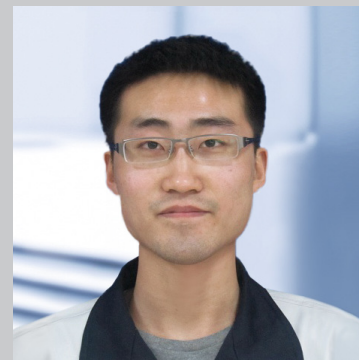
「TargetLink は、ISO 26262、ISO 25119、および IEC 61508 に準拠したソフトウェア開発に関する認定を取得しており、セーフティクリティカルなシステムを容易に開発することができます。」


Hangdi Yao 氏、Great Wall Motors 社



Xuechen Zang 氏  
ソフトウェア開発エンジニア、  
Great Wall Motors 社、中国

Hangdi Yao 氏  
ソフトウェア開発エンジニア、  
Great Wall Motors 社、中国





未来のモビリティに対応する車車間充電と  
その将来性の分析

# Energy Shared

学界や民間企業の研究者たちが、迅速かつ効率的に電気自動車（EV）を充電する方法の開発にチームで取り組みました。多様な利用者が電気自動車を有効活用できるようにするには、車車間（V2V）充電ソリューションが実用的な選択肢であることが研究において示されました。このV2V充電ソリューションの実現性をテストで検証する際に使用されたのが dSPACE MicroLabBox です。





**電** 気自動車 (EV) の充電に関しては、誰もが一致する意見が1つあります。それは「速いほど良い」ということです。ただし、利用可能な公共の充電ステーションの有無、送電網 (グリッド) の供給電力の限界、充電速度の変動などの制約により、急速充電の実用化はなかなか進展していません。アラバマ大学、バージニアコモンウェルス大学、およびアクロン大学の研究者グループは、チームを組んでこの課題の解決に取り組んでいます。この研究には、カリフォルニアを拠点とするEV用充電器メーカーである Andromeda Power, LLC も協力しました。

#### 着想：V2V 充電シェアリングネットワーク

パワーグリッドベースの AC および DC 急速充電システムは、現在最も一般的に利用されている EV の充電手段の1つです。しかし、研究チームでは、従来の AC/DC 電力変換に比べて効率性に優れている双方向型 DC/DC コンバータを使用して EV 間でエネルギーを伝送し合えないかと考え、車間 (V2V) 充電ソリューションの実現を目指しました。アラバマ大学の電気コンピュータ工学部の助教授であり、プロジェクトの発起人でもある Kisacikoglu 博士は、ほとんどの EV 所有者が夜間に自宅で車両を充電するが、実際に使用するのは平均約 40 ~ 50 km 程度の通勤に必要なエネルギーのみだとし、バッテリーの余剰エネルギーは他の EV 所有者に販売できると考えています。理論上、V2V の充電シェアリングネットワークが整備されると、未使用の電気エネルギーを残した EV の所有者は、充電が必要なユーザの EV に接続すれば充電ステーションに匹敵する速度でエネルギーを伝送できるようになります。Kisacikoglu 博士は、「私が提案したソリューションを使用すると、EV 所有者だけでなく、特にピーク負荷がかかる時間帯には地域社会や自治体、供給ネット

ワーク全体にもメリットが生じます」とし、「充電シェアリングネットワークであれば、最小限のインフラコストで設置でき、EV 充電の利便性と柔軟性を向上させることが可能です」と述べています。

#### プロトタイプシティによるケーススタディ

研究チームでは、V2V 充電シェアリングネットワークの実現性を分析および検証し、そのシステムが送電網の運用に及ぼす影響を示すため、仮想的な環境を開発しました。ここでは、Java ベースのシミュレーションツールを使用してシミュレーション環境を生成し、EV のタイプと総数、充電ステーションのタイプと場所、利用者の移動パターンなど、さまざまなパラメータに基づいてカスタマイズを施しました。また、プロトタイプシティとしてダラス大都市圏を採用したケーススタディを作成し、ダラスに存在する EV の台数とタイプ、およびレベル 2 (L2) の充電ステーションの数と場所をシミュレートしました。さらに、利用者のバッテリー充電レベルと通勤パターンを計算に含めつつ、L2 充電ステーションの利用パターンも分析しました。

#### V2V 充電ソリューションを追加

研究チームがシミュレーションを実施したところ、EV の台数が増加して電力需要が増大した場合に充電ステーションに与える影響が徐々に明らかになりました。チームは、どうすればエネルギーシェアリングによって電力需要に効率的に対応できるかを十分に理解するため、V2V 充電ソリューションをシミュレーションに追加しました。すると、その地域の多数の EV が V2V 充電シェアリングネットワークを使用し始め、L2 充電ステーションを追加で設置することなく需要拡大に対応できることが判明しました。また、特定のユースケースでは、V2V 充電によりピーク充電負荷が実質的に 44% 削減され、送電網への負荷を軽減できることも分かりました。 >>



図 1: 充電ケーブルを使用して、日産 Leaf から Tesla Model S にエネルギーを伝送します。ドライバーが充電プロセスを制御できるよう、モバイルアプリで両方の車両と通信します。

### さまざまな DC/DC コンバータソリューションの評価

研究チームは、充電シェアリングネットワークによって地域社会を変革できる可能性は確かにあると結論付け、今度はEV間でのエネルギー伝送の問題に目を向けて単相、二相、および三相変換という3つの双方向 DC/DC コンバータソリュー

ションの研究を行いました。チームは、各ソリューションを評価するため、供給側および受取側 EV エミュレータと3種のパワーステージで動作する V2V 充電ソリューションを設置し、さらに dSPACE MicroLabBox で構成されたテストベンチを使用して充電エネルギーの交換状況を調整および制御しました。これにより、多

相双方向 DC/DC コンバータは単相のものに比べインダクタのリプル電流の挙動が優れており、V2V 充電には最適であることが判明しました。

### クローズドループのコントローラ設計によるテスト

次に、チームは分析結果の妥当性確認に着手しました。ここでは dSPACE MicroLabBox を使用して、クローズドループのテストベッドで V2V 充電器を動作させました。また、ハードウェア実装の一環として、dSPACE MicroLabBox とバックトゥバックインバータシステムをインターフェース接続し、さまざまな動作モードをテストしました。MicroLabBox は、エレクトロニクス制御モジュールとして機能し、すべての高レベルおよび低レベルコントローラを実行しました。Kisackoglu 博士は、「MicroLabBox によってチームに柔軟なコントローラ開発環境が提供されたため、私たちは 20 kHz のスイッチング周波数で動作するクローズドループのコントローラを設計することができました」と述べています。テストにより、多相双方向 DC/DC コンバータを V2V 充電の第一選択肢とするのが望ましいという結果が得られ、チームが研究を通じて立証してきたことが最終的に確認されました。

## dSPACE ツールを使用したインテリジェントな充電テクノロジーの開発とテスト

電気自動車の充電プロセスに必要なテクノロジーを開発およびテストするための専用ツールを dSPACE が提供していることをご存知でしたか。新しい Smart Charging Solution は汎用的な用途に対応する高い柔軟性を備えており、電気自動車給電機器のシミュレーションや車載充電器のシミュレーション、テスト、および開発などが可能です。

### Smart Charging Solution – 注目点

- 充電通信のプロトタイピングおよびテスト
- 地域固有の充電規格のサポート
- プロトコルレベルでの高度な操作と欠陥シミュレーションオプション
- 実際の出力を使用した充電ステーションのエミュレーション

Smart Charging Solution に関する詳細情報：

[www.dspace.jp/go/dMag\\_2020\\_DS5366](http://www.dspace.jp/go/dMag_2020_DS5366)

dSPACE ツールを使用した電気自動車用車載充電器のテストに関する詳細情報：

[www.dspace.jp/go/dMag\\_2020\\_OBC](http://www.dspace.jp/go/dMag_2020_OBC)



dSPACE の Smart Charging Solution では、ハードウェアおよびソフトウェアコンポーネントを組み合わせています。

「MicroLabBox によってチームに柔軟なコントローラ開発環境が提供されたため、私たちは 20 kHz のスイッチング周波数で動作するクローズドループのコントローラを設計することができました。」

Mithat Can Kisacikoglu 博士、電気コンピュータ工学部助教授、アラバマ大学（タスカルーサ、AL）



### まとめと展望

チームは研究により、V2V 充電ソリューションが将来のモビリティコンセプトにおいて有益なものとなり得ることを証明しました。チームはさらに研究の範囲を拡大することを計画しており、高出力密度の V2V 充電器設計を調査して設計を改善する予定です。また、送電網へのさらなる統合の影響や、再生可能エネルギーの将来的な統合についても探究する予定です。

アラバマ大学のご厚意により寄稿

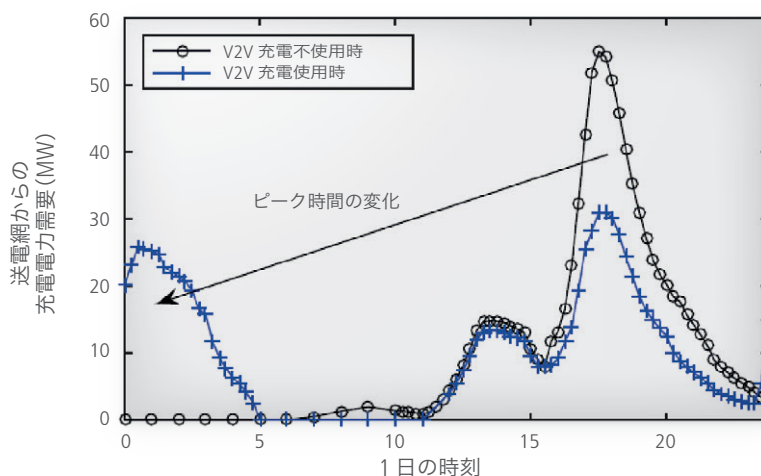


図 2 : V2V 充電の使用時と不使用時における送電網からの充電電力需要の分布

研究の詳細については、次の出版物を参照してください。

E. Y. Ucer, R. Buckreus, M. C. Kisacikoglu, E. Bulut, M. Guven, Y. Sozer, および L. Giubolini, "A flexible V2V charger as a new layer of vehicle-grid integration framework", IEEE TransportElectric Conf. (ITEC)にて発表、2019年6月

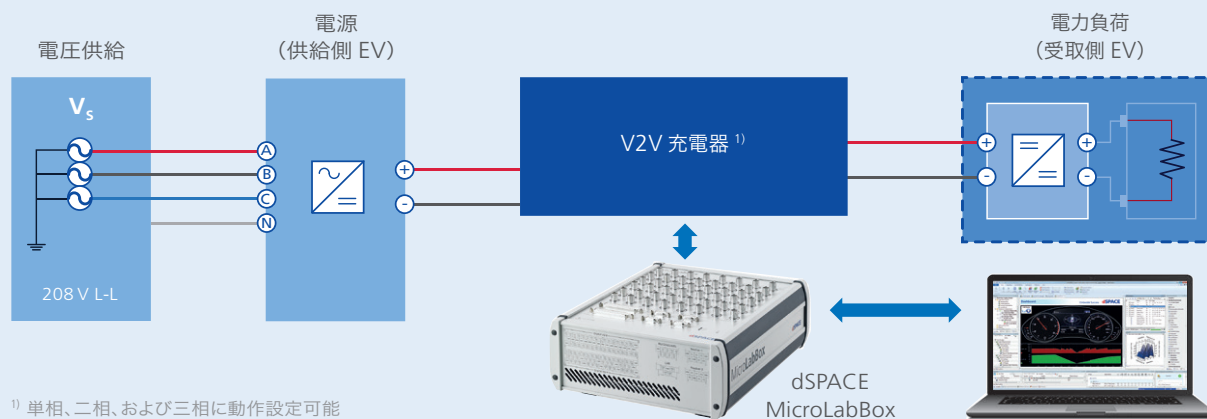


図 3 : 研究チームは V2V 充電システム向けに、単相、二相、および三相変換という 3 つの双方向 DC/DC コンバータソリューションをテストしました。テストセットアップは、供給側および受取側 EV エミュレータ、3 種のパワーステージで動作する V2V 充電器ソリューション、および dSPACE MicroLabBox で構成されました。

最高レベルの ASIL D 規格に準拠したワークフローにより自動運転を実現

# It's the Right Strategy That Counts

HELLA 社では、次世代の電動パワーステアリングシステムを開発するため、新しいテスト方式やシステムを活用しています。同社は、ステアリングシステムの開発だけでなく、極めて高度な安全要件を満たす革新的なテスト方式の開発にも取り組んでいましたが、テストシーケンスを完全に自動化するこのようなテスト方式を実現するには経験と専門知識が必要だったため、dSPACE コンサルティングチームのサポートを受けました。



「自動テストの実現に妥協したくないのであれば、絶対に信頼できるシミュレーションツールとテストツールが必要です。dSPACE の専門知識により、当社はそれを導入することができました。」

Biju Kollody 氏、HELLA 社 (リップシュタット、ドイツ)、ステアリング ECU のテスト管理全体の責任者

HELLA 社は、これまで何年にもわたってさまざまな電動パワーステアリング (EPS) 制御ユニットを開発し、世界中の何百万台もの車両に提供してきました。近年、部分自動運転 (レベル 2 以上の自動運転車両) に対応できる ECU の需要が拡大していることを受け、同社は dSPACE コンサルティングチームと連携して妥当性確認ツールチェーンの自動化を図りました。現在では、妥当性確認ツールチェーンは道路車両用 E/E システムの機能安全規格 (ISO 26262) に準拠している必要があり、最高のレベル 4 の高度な自動運転に対応したステアリングシステムの開発基準を満たさなければなりません (図 1)。つまり、ISO 26262 の最高レベルである ASIL D に準拠したテストプロセスやツールチェーンの構築が必要となります (図 2)。ISO 26262 では、セーフティクリティカルな機能、コンポーネント、個々の ECU、および ECU ネットワークのテストを行う場合に、HIL (Hardware-in-the-Loop) テストを活用することを推奨しています。HIL テストとは、これまで常に最先端であり続けてきたテスト環境です。テストを行う際は、テスト方式とテスト環境をシームレスに統合し調整することが不可欠です。それができないと、必要なテストカバレッジを達成しつつセーフティクリティカルなシステムをテストし認定することはできません。ただし、このような統合環境が各種規格に準拠しながら動作していることを証明するには、テストに関係するすべてのコンポーネントやプロセスが適切に機能していることを定期的に検証する必要があります。このような検証では、ISO 26262 に沿って使用するハードウェアの適合方式からソフトウェアツール

チェーンの適格性に至るまで、幅広い範囲をカバーしなければなりません。そこで、dSPACE のコンサルティングチームは HELLA 社をサポートすべく 4 つの分野を速やかに特定しました。

- 技術安全コンセプトの作成
- 複数の HIL システムを含むテストインフラのコンセプト設計と準備
- テストを自動化するためのツールチェーンの開発
- ISO 26262 規格への準拠

同社は、dSPACE のサポートを得ながら、ECU 開発と並行してこれらのタスクを実行しました。さらに、実際のテストに先駆

けて、テストシステムの実用化および既存の設定ツールや要件管理ツールへの接続を含めた検証を行いました。HELLA 社の Andreas Brenttrup 氏は、「このアプローチを活用すると、プロセスが行き詰まったり頓挫したりすることがありません。そのため膨大な時間を節約でき、各種規格に準拠した総合的なプロセスを生み出すことができます。そのため、まったく新しい顧客のプロジェクトや要件が完全に異なるプロジェクトに対してもはるかに容易に対応できるようになります」と説明しています。

#### dSPACE が最初から関与

HELLA 社の Biju Kollody 氏も、「dSPACE コンサルティングチームは非常に早期の >>

図 1 : SAE International が公表している SAE J3016 に基づく自動化レベル





図2：Automotive Safety Integrity Level (ASIL) に基づく一般的な分類。ASIL は ISO 26262 規格の重要な要素です。ASIL は、各開発プロセスの開始時点で決定されます。システムの各機能は、発生し得るリスクとの関連に基づいて分析および評価されます。

段階から参加し、当社と迅速に連携してテスト目的の達成をサポートしてくれました」と述べています。当社がプロジェクトを開始した当初は、EPS 制御ユニットははまだプロトタイピングの段階でしたが、dSPACE の関与により、テスト計画は完全に変更されました。ただし、この計画の実現には機能安全とテストの両方に関する詳細な知識が必要でした。そこで当社は、テスト担当者、開発者、システムアーキテクト、テストエンジニアなど、あらゆる技術者をこのプロセスに参加させ、合同で開発を行いました。このようにして開発された妥当性確認方式は、EPS システムのすべての機能安全要件を満たし、容易にテストできるよう配慮した設計となりました(図3)。

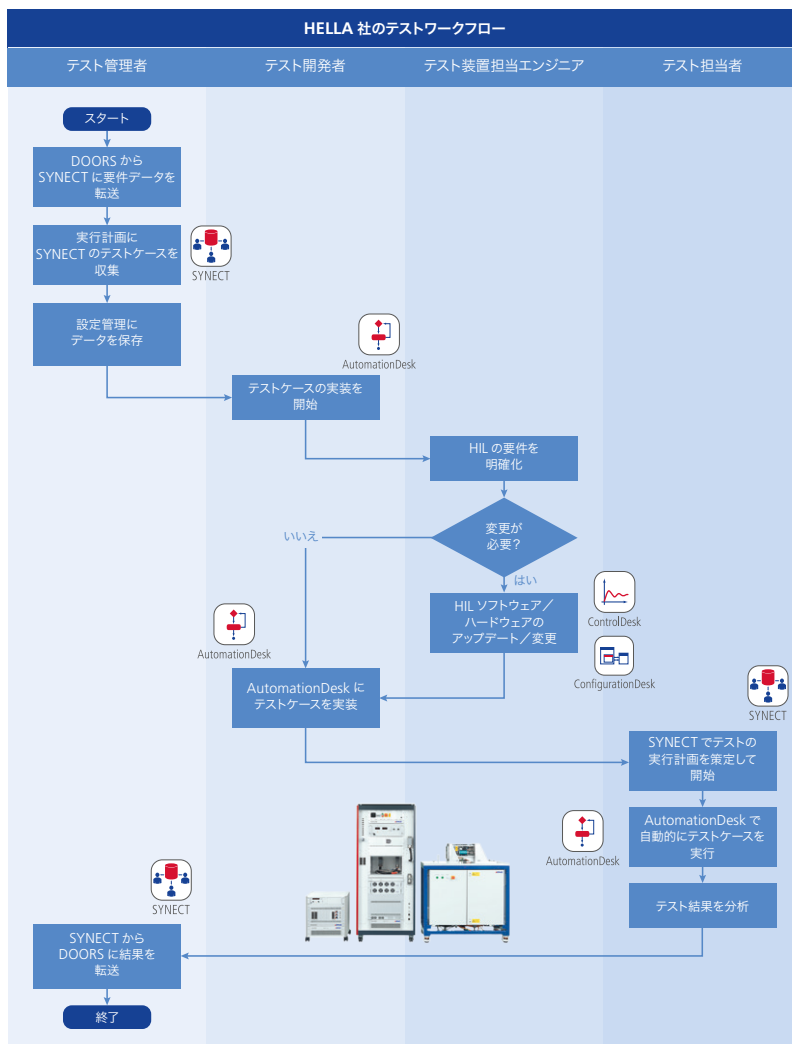


図3：結果の信頼性とツールチェーン全体の性能を常に保証するため、ワークフローを安全マニュアルに規定し、指示を文書化します。

### 目的に適合したシミュレータとテストベンチを実現

HELLA 社は、予備作業だけでなく、シミュレータやテストベンチを使用した実際のテストにおいても dSPACE 製品を活用しています。同社は 2 つのシミュレータでテストハードウェアを構成しています。1 つは、特別に用意された ECU に信号レベルでアクセスするための SCALEXIO 標準ラックシステムであり、もう 1 つはパワーレベルで ECU にスティミュラス信号を入力するための SCALEXIO Full-Size シミュレータです。このシミュレータは、dSPACE のステアリングテストベンチに接続することもできます。テストベンチでは、EPS 制御ユニットの実際のエンジンにスティミュラス信号を入力することができます。また、dSPACE の各種の FPGA ベースのモーターモデルを活用して、テストを信号レベルやパワーレベルで行える現実的なモーターシミュレーションを実現できるようにしたり、ECU のクローズドループ操作にも対応できるようにしています。この柔軟なテストインフラにより、同社はさまざまなシステムコンポーネントを個別に、または組み合わせてテストし、ISO 26262 の要件である統合プロセスやテストプロセスを効率的に実装できるようになりました。なお、ISO 26262 ではテストシステムの定期的な適合が必要のため、dSPACE がプロジェクト固有の適合マニュアルを作成しました。

### 既存ツールの統合

Kollody 氏は、「プロジェクト当初の重要



「妥当性確認手法の開発には、すべての関係者との連携が必要です。開発者、システムアーキテクト、セーフティエンジニア、テストエンジニアなど、誰もが等しく関与する必要があります。dSPACE の専門チームの協力により、当社は全関係者を連携させることに成功し、信頼できる ISO 26262 準拠の妥当性確認手法を実現することができました。」

Andreas Brentrup 氏、HELLA 社 (リップシュタット、ドイツ) のテストラボ室長、ステアリング ECU のグローバルテスト戦略の責任者

な要件の 1 つは、『DOORS から DOORS へ』ソフトウェアツールチェーンを機能させることでした。これが可能になれば、dSPACE ツールチェーンで IBM® Rational DOORS のテスト仕様を検証し、結果を DOORS にインポートして戻せるようになるからです」と述べています。そのため、HELLA 社では DOORS に dSPACE のデータ管理ソフトウェアである SYNECT を接続し、DOORS から dSPACE のテストオートメーション環境へ自動的にテスト仕様を転送できるようにしました。これにより、テスト開発者やテストエンジニアは、要件に対するトレーサビリティを継続的に維持しながら、必要なテストを実装および実行し、要件、テスト仕様、およびテスト結果を常にリンクさせることができるようになりました。一方、SYNECT では昼夜を問わず HIL シミュレータ上で自動的にテストを実行し、結果を表示できるようになりました。このような高度に自動化された方法で ECU をテストすると非常に効率的ですが、この場合、シミュレーション環境や使用するツール (図 4) の信頼性が重要になります。

**まとめと今後の展望**

Brentrup 氏は、「当社は、dSPACE コンサルティングチームのサポートのおかげで安全関連プロジェクトにおける課題であったプロセス、ツールチェーン、およびテスト装置の問題を早期に克服することができました」と述べています。同社は、dSPACE ツールチェーンを使用することで、プロトタイピングの段階でエラーを発見できるようになったのです。また、同社

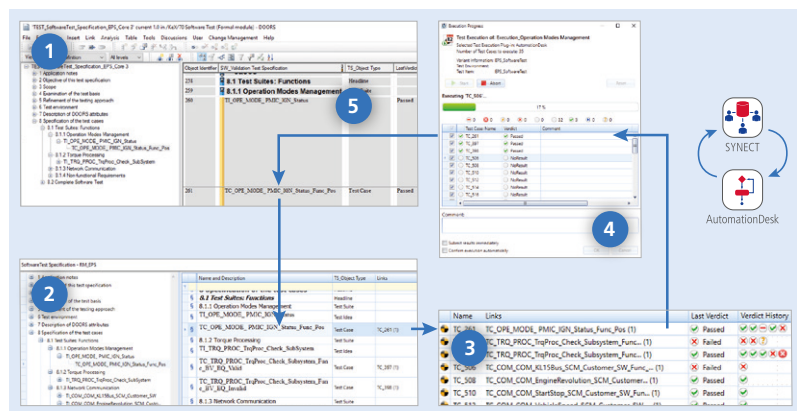
は既にテストシステムの自動化を実現していたため、各種のお客様固有の開発環境への移行を極めて容易に行うことができました。dSPACE は、引き続き顧客プロジェクトごとの要件に合わせてツールチェーンを調整し、同社が ISO 26262 に準拠した作業を継続できるようサポートしていきます。

HELLA 社のご厚意により寄稿

**機能安全**

EPS システムには自動車用 E/E システムで最高の安全性レベルである ASIL D (Automotive Safety Integrity Level D) の要件が求められます。そのため、dSPACE コンサルティングチームは検証プロセスのワークフローを規定した安全マニュアルを作成し、ISO 26262 の要件に対応できるようにしました。ソフトウェアやワークフローは、このようにして目的に適合するよう決定されていきました (図 3)。

図 4: HELLA 社におけるワークフローを示す概略図: 「DOORS から DOORS へ」: DOORS (1) から dSPACE のワークフローにテスト仕様をインポートします。これにより、仕様変更が SYNECT の要件管理 (2) で直ちに可視化されます。SYNECT のテスト管理 (3) では、必要なテストが作成および計画され、AutomationDesk (4) で自動的に実行されます。テスト結果は最終的に元の DOORS (5) へ自動的に転送されます。

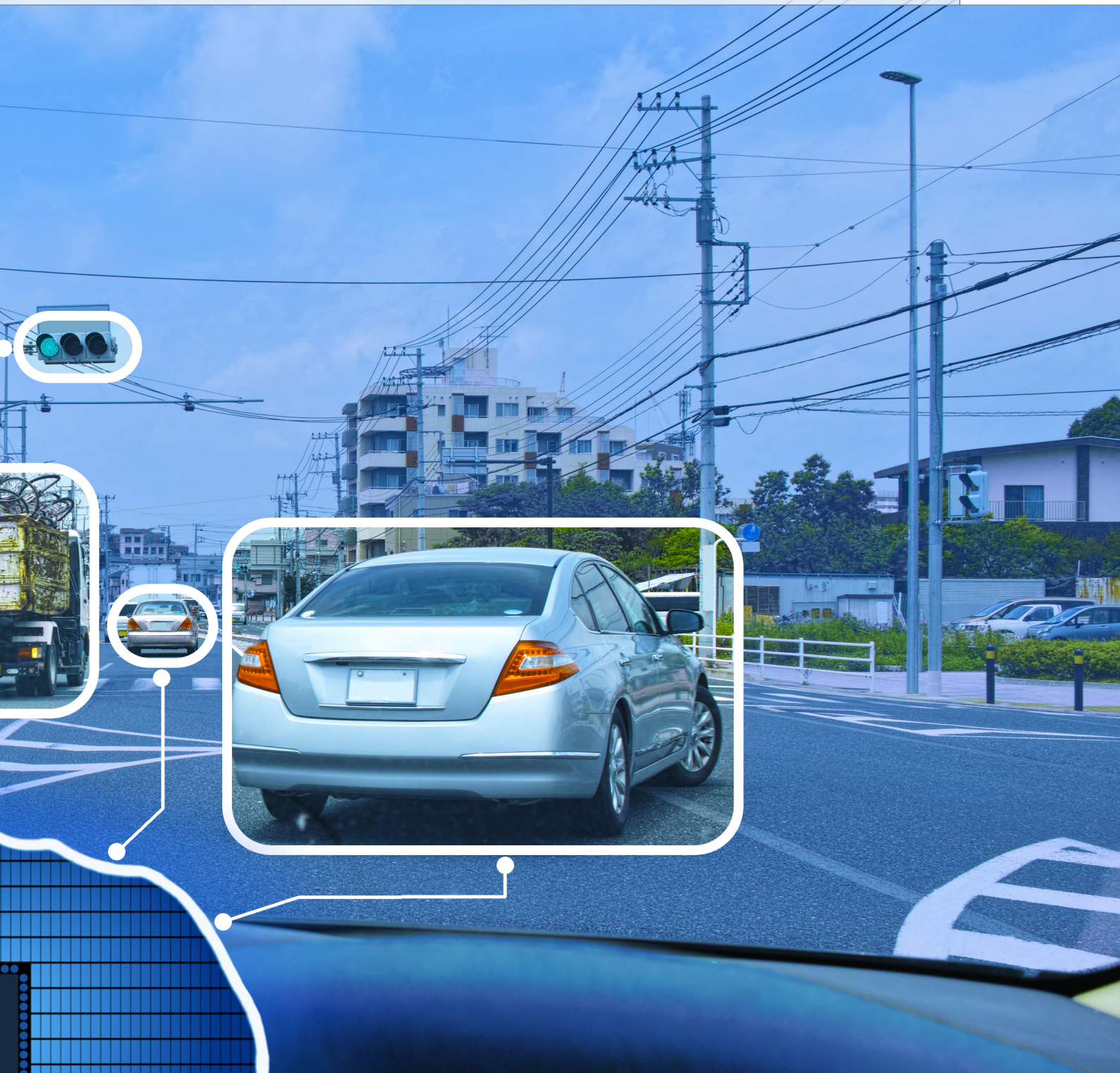


# Intelligently Setting the Scene

AIを利用してセンサデータから  
シナリオを生成

自動運転に使用されるテクノロジーは複雑化の一途をたどっていますが、それらを日常の用途に適合させたりシステムの安全性を保証したりするには、実用化のはるか以前にテストを行わなければなりません。dSPACE および understand.ai 社のシミュレーションシナリオ生成ソリューションを使用すると、特殊なハードウェアやソフトウェアに基づいたシミュレーションにより何千というセーフティクリティカルな運転シナリオをテストすることができます。





dSPACE と understand.ai 社は、人工知能 (AI) に基づく革新的な手法により実際に計測された生データからシナリオを生成する新しいサービスを提供しています。オブジェクトリストを車載環境でリアルタイムやオンラインで生成したりする従来の方法に比べ、生データからシナリオを後で生成する方法では、処理能力に関する制約が一切なく、デー

タベースでオブジェクトが誤って検出されたり、検出されなかったりすること (誤検出や検出漏れ) を原因とした不具合を回避することができるという利点があります。道路交通のシミュレーションでは通常、可能な限り多くのケースを網羅するため、実際のプロトタイプが完成する前の段階で多数の仮想的な要素を用いたテストを行います。その場合、有意義な結果を導くた

めにテストシナリオをバリエーションの意味でも、数量という意味でも数多くのテストで使用します。ただし、これには現実的なシナリオが必要となります。さらに、これらのシナリオには特別な要件が課されるため、専門的なシナリオ生成が不可欠です。つまり、シナリオは、現実の多様な環境におけるさまざまな状況を反映したものである必要があるのです。それと同時に、天候

&gt;&gt;

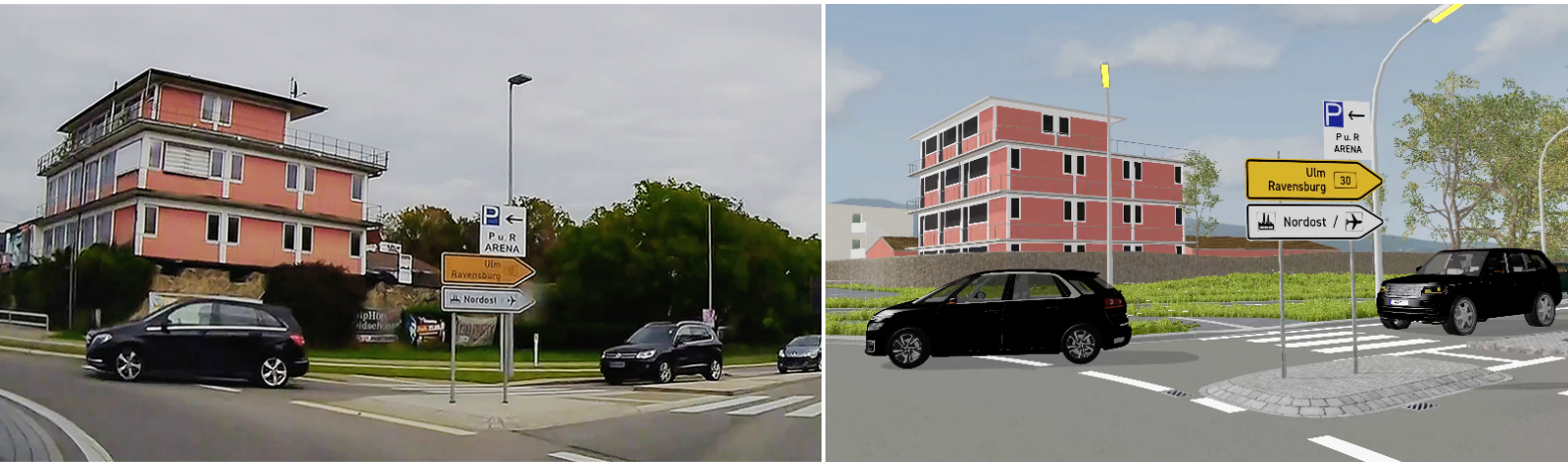


図1：ロータリーシーンのカメラ録画(左)と生成されたシナリオ(右)。

## 車載からラボへ – 実データを使用したテストシナリオの活用

や交通量などの変動性の高い要素だけでなく、クリティカルな状況とそれ以外の状況のいずれもがバランスよく混在していることが極めて重要です。

### 現実の状況分析と自動運転の妥当性確認

当社では、2種類のシナリオを区別して使用することで、お客様の要件を満たせるようにしています。一方は自動運転の妥当性を確認するために使用する論理シナリオであり、もう一方は現実の状況のシミュレーションにおいて欠陥のあるアルゴリズムを解析するために使用するリプレイシナリオです。リプレイシナリオでは、記録されたセンサデータに基づいて現実の状況を正確に再現することができます。この種のシナリオは、パラメータ設定で調整することはできませんが、ラボで誤動作またはその他の現実不起り得るイベントをシミュレートする場合に優れています。これにより、ラボの再現可能な条件下で運転機能の欠陥を調査して修正することができます。また、現実のシナリオのセンサデータとシミュレーション上の同一の仮想シナリオのセンサデータを比較してセンサモデルの妥当性確認を行うこともできます。論理シナリオでは、車両の動きを抽象化および一般化してシナリオをパラメータで表現するた

め、パラメータを調整することでシナリオを変化させることができます。これらのシナリオを使用すると、ADAS/AD アルゴリズムの妥当性確認をシナリオベースでテストできるようになります。生成されたシナリオの大きな利点は、事故などの重大な状況をシミュレートし、必要に応じて何度でも実行できるという点です。これにより、ADAS/AD アルゴリズムにおける課題となるパラメータを正確に特定することができます。

### シナリオの生成

シミュレーションやテストでシナリオを使用するためには、まずそれらを生成する必要があります。シナリオの生成には、さまざまな方法があります。本記事の例では、最初に計測データを使用したシナリオ生成について説明します。これには、ビデオ録画データ、LiDAR のポイントクラウド、車載バスデータを使用します。これらのデータの記録には、dSPACE AUTERA などの専用のデータロギングハードウェアを用います。この方法でシナリオを生成する場合、そのリアリティはデータの量と質の増加とともに向上します。また、さまざまなアルゴリズムを組み合わせると、すべての道路利用者のモーションプロ

ファイルや道路、静的環境などの構築に不可欠なすべての要素を反映した3Dシーンを含む現実のシナリオを、セマンティック一貫性の高い形で再現することができます。ここではまず、AIによるサポートを用いた手法により、道路やその周辺環境、道路利用者の軌跡に関する情報を生データから抽出します。この際、understand.ai社では特殊な品質保証手法を使用してグラウンドトゥースデータを生成することで、シナリオのセマンティック一貫性を確実に保証できるようにしています。抽出したデータは、dSPACEシミュレーション環境でシミュレート可能なリプレイシナリオや論理シナリオ、またはOpenDRIVE®およびOpenSCENARIO®規格に基づくシナリオ記述ファイルに変換されます。こうして、道路の記述や道路利用者の動作プロファイルの記述だけでなく、詳細な3Dシーンが生成されることによって物理センサのシミュレーションが可能になり、さまざまなテストに直ちに使用できるシナリオが生成されます。また、dSPACE ModelDeskなどのシナリオエディタを使用すれば、コンピュータ上で完全に人工的かつデジタルにシナリオを作成し、独自の概念や要件に沿ったシナリオを実現することも可能です。この場合、基本的にシナリオ設計の可能性は無限ですが、最終的にはそれぞれのユーザが求める要件や各自の創造性による制限が生じます。この手法の利点の1つは、コストが高かったり、危険性があることなどにより、実際に何度も記録するのは極めて困難なシナリオであっても構築できることです。計測



図2：dSPACE および understand.ai 社のソリューションを使用して、取得した計測データからシミュレーション用のシナリオを生成

データから生成したシナリオと人工的に生成したシナリオのいずれにおいても、シミュレートされた車速や天候、道路利用者の挙動といったパラメータは必要に応じて dSPACE ソリューションによって調整し変更することができます。シナリオベーステストの大きな利点は、それぞれの処理能力に応じて拡張できることです。さらに、テスト環境をクラウドに移行することもできます。容量が事実上無制限であるクラウドは、仮想検証の分野、ひいては生産チェーン全体にとっても有益な基盤となります。

#### 新たなソリューションポートフォリオ

dSPACE および understand.ai 社のシナリオ生成ソリューションとシナリオベースのテストソリューションを組み合わせることで、お客様は機能プロトタイプの開発に至るまでのさまざまな障害を克服することができます。このソリュー

ションの基盤となるのは、経験豊富な開発者が作成した多数の既存シナリオや、記録された現実のセンサーデータやオブジェクトリストに基づいて追加で生成できるシナリオです。これにより、何百万キロメートルものテストドライブを現実的かつ適切な各種シナリオ上で実行できるようになります。■

#### 実車によるテストドライブからクリティカルなエッジケースの再シミュレーション

実際の状況の複雑度や現実度をシミュレーションに取り込みます。

- 現実的な交通状況を反映したシナリオを使用します。
- 既存のシミュレーションシナリオを調整して、新しいテストケースを作成します。
- dSPACE シミュレーション環境で追加の変換作業なしですぐに使用できます (OpenDRIVE および OpenSCENARIO 準拠)。
- データを最大限に活用できます。ペタバイトに及ぶ取得済みのデータをシミュレーションに使用可能です。

MicroAutoBox III の新たなバリエーションである DS1521 は、CAN FD から車載 Ethernet、LIN、FlexRay、アナログ入力、およびデジタル入出力に至るまで、豊富な接続オプションを提供しています。



# Perfectly Connected

DS1521 Bus and Network Board 搭載の  
新しい MicroAutoBox III バリエーション

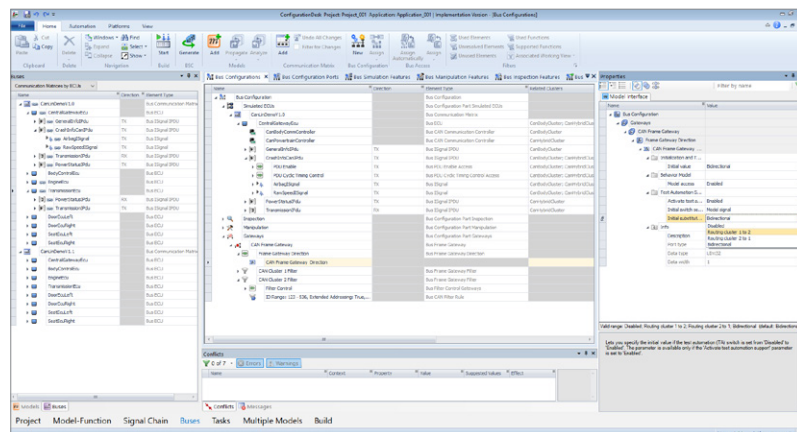


MicroAutoBox III では、さらに幅広いバスおよびネットワークインターフェースを搭載した各種のバリエーションが新たに追加されており、MicroAutoBox の製品ラインの一層の多様化および強化を実現しています。また、新しい DS1521 Bus and Network Board を搭載した MicroAutoBox III では、慣れ親しんだ MicroAutoBox のコンパクトな筐体の中に格段に豊富な種類のチャンネルが実装されています。



動運転からゼロエミッションに至るまで、さまざまな用途にオールラウンドに対応する高度な能力を持った MicroAutoBox III がリリースされました。これにより、演算処理能力の大幅な向上や機能安全のモニタリングメカニズムの改善などが実現され、dSPACE の小型車載プロトタイピングシステムはまったく新しい次元に到達しています。MicroAutoBox III は 4 個のプロセッサコアを備えており、先代である MicroAutoBox II に比べて 1 プロセッサコアあたりの速度が最大で 16 倍に向上しています。また、新しい DS1521 Bus and Network Board を搭載したバリエーションの MicroAutoBox III も入手可能になります。今回の各種の新バリエーションは、それぞれ極めて幅広いチャンネルを備えており、インテリジェントなゲートウェイやバス、ネットワーク経由で多層コントローラ（監視コントローラ）をリアルタイムに実行するといった用途に特に適しています。また、サービスベースの Ethernet 通信を使用して中央制御ユニットを設計する場合にも活用できます。さらに、これらの用途に最適に対応できるようにするため、8 つの CAN FD チャンネル、3 つの車載 Ethernet ポート (100/1000BASE-T1)、2 つの FlexRay コネクタ (A/B)、3 つ

MicroAutoBox では、コンパクトな筐体の中に極めて幅広いチャンネルと、バスおよびネットワーク通信に対応した総合的なソフトウェアツールチェーンが実装されています。



例：Bus Manager のゲートウェイアプリケーション。

の LIN チャンネル、さらに UART、デジタルおよびアナログインターフェースを DS1521 Bus and Network Board は提供しています。

#### ソフトウェアで完全な制御を実現

MicroAutoBox III は、それぞれの用途に合わせて容易かつ柔軟にハードウェアを設定できるようにするため、Bus Manager をシームレスに統合しているだけでなく、SCALEXIO の時代から十分に実績を重ねてきた実装ソフトウェアである

ConfigurationDesk をサポートしています。そのため、ゲートウェイや監視コントローラアプリケーションのバス通信をすべて、AUTOSAR (ARXML)、FIBEX、DBC、LDF などの最新の規格や通信記述ファイルに基づいて明確かつ簡単に設定することができます。また、既存の車載電装システムへの統合に対応するため、サービスベースの Ethernet 通信 (SOME-IP) を含むすべての関連するバスシステムでセキュアオンボード通信 (SecOC)、エンドトゥエンド保護、グローバル時間同期 (GTS) などの既存の AUTOSAR 機能をサポートしています。さらに、MicroAutoBox III では総合的な拡張フレームワークを利用できるため、プロジェクト固有の調整作業も柔軟かつ迅速に行えます。dSPACE では、お客様の仕様に合わせて、極めて短いターンアラウンド時間でこのような統合や実装を行うことが可能です。ソフトウェアを実行する際は、ControlDesk によりモデルの各種変数を明確かつ容易にビジュアル表示する

#### ポイント：

ゲートウェイアプリケーション  
および監視コントローラ

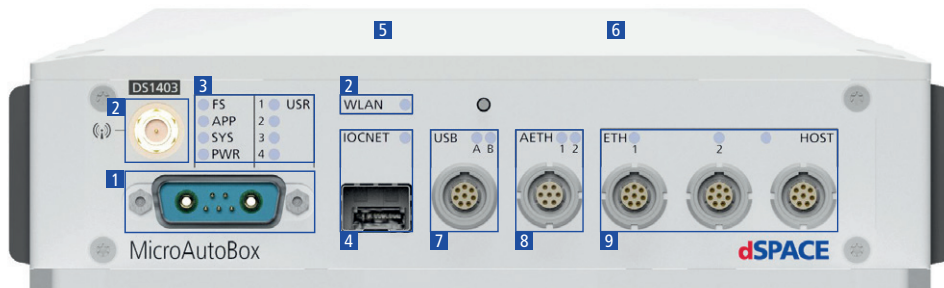


多数の車載制御ユニットやセンサ、アクチュエータを接続するため、バスやネットワークを使用することが増えています。新機能が開発される際には、このバスやネットワークのデータを転送、フィルタ、または新規あるいは既存の受信者に対する中

心的なネットワークノードとして拡張しなければならない場合が多くあります。たとえば、既存の車両プラットフォームに新しいドライブシステムを統合する場合などがこの例です。

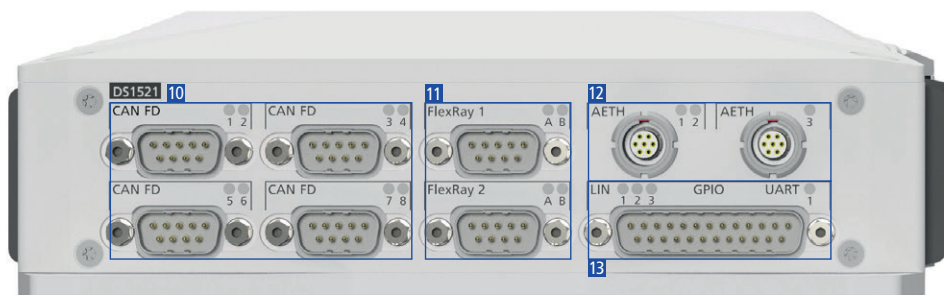
しかし、コストを削減しつつ、スペース的

## MicroAutoBox III 1403/1521



**DS1403 Processor Board**  
(MicroAutoBox III 前面パネルのコネクタ)

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1 バッテリ電圧接続(12/24/48 V 車載電源)</li> <li>2 WLAN オプション</li> <li>3 ステータス LED とユーザによるプログラミングが可能な LED</li> <li>4 IOCNET コネクタ</li> <li>5 DS1514, DS1521 などの I/O ユニットによる拡張が可能</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>6 Quad-core ARM® プロセッサ</li> <li>7 マスストレージおよびデータロギング用 USB ポート (USB 2.0)</li> <li>8 車載 Ethernet (100/1000 Mbit/s) x 2</li> <li>9 ホストデバイスおよび他のデバイス用の Ethernet ポート (Gigabit Ethernet)</li> </ul> |
|---|---|



**NEW : DS1521 Bus and Network Board**  
(MicroAutoBox III 背面パネルのコネクタと追加インターフェース)

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>10 CAN FD x 8</li> <li>11 FlexRay (A/B) x 2</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>12 車載 Ethernet (100/1000 Mbit/s) x 3、追加用</li> <li>13 LIN x 3、UART x 1 : RS232 または RS422/485<br/>Analog In x 4、Digital In/Out x 6</li> </ul> |
|---|--|

MicroAutoBox 1403/1521 は「コンパクト」な筐体に各種のチャンネルを実装しています。もしこれでも不十分な場合は、MicroAutoBox 1403/1521/1521 を選択することにより容易に 2 倍に増やせます。または要件に応じて MicroAutoBox III の多彩なバリエーションのいずれかを使用してアナログチャンネルやデジタルチャンネルを増設することもできます。

ことができます。また、Bus Navigator には、あらかじめ設定された送受信メッセージ用レイアウトの作成オプションが用意されているため、これを使用してバス信号やネットワーク信号にアクセスすることが可能です。さらに、アプリケーションの実行

中でもバスのモニタリングや解析をリアルタイムで直接実行することができます。ControlDesk の Bus Navigator では、使用する他のすべての入出力とバスデータやネットワークデータを同期化したうえで簡単にアクセスすることができるため、

ライブモニタリング専用の追加システム（ハードウェアおよびソフトウェア）を用いる必要がありません。これにより、コストの大幅な削減とシステム設計の簡素化が可能になります。 ■

な要件やシステムの複雑性に対処するには、必要なゲートウェイコンポーネントが用意されている機能開発システムを使用して、新しい制御機能をリアルタイムに実行することが必要です。DS1521 Bus and Network Board を搭載した

MicroAutoBox III 開発システムを dSPACE のソフトウェアツールチェーンと組み合わせて使用すると、このような状況に最適に対処できます。MicroAutoBox III のハードウェアは、最小限の設置面積で最大限のチャンネ

ル数と最高水準の処理能力を提供します。また、実績のある強力なソフトウェアにより各種の設定を簡単に行うことができます。開発サイクルを加速することができます。

# 4-D Radar Simulation

5 GHz – レーダーターゲットシミュレータの新たな比較の指標

超高分解能イメージレーダーセンサは4Dレーダーと呼ばれることも多く、レーダー環境の詳細なイメージを幅広い視野、高度、距離範囲、速度情報で提供します。これらのレーダーセンサをテストする際に使用するレーダーシミュレータには、性能や帯域幅に厳しい要件が課されます。dSPACE Automotive Radar Test System (DARTS) 9040-Gは、強力な高周波テクノロジーを活用してこれらの課題に対応することに成功した最初のシミュレータです。

**製品の特長：車載レーダーセンサの無線テストに対応したレーダーターゲットシミュレータ**

- イメージングセンサや4Dレーダーセンサ用に最適化
- 自由に定義可能なレーダーターゲットの反射波をシミュレート（ターゲットを追加で拡張可能）
- 距離、相対速度、幅、および高度をシミュレート

**テクニカルデータ**

- 周波数帯：76 ~ 81 GHz
- 帯域幅：5 GHz
- 距離範囲：≤ 2.5 ~ 300 m
- 距離範囲の最小調整単位：2.5 cm
- 相対速度：± 500 km/h

詳しくは、次をご参照ください。

[www.dspace.jp/go/DARTS\\_9040-G](http://www.dspace.jp/go/DARTS_9040-G)





「新しい DARTS 9040-G を発表し、dSPACE は、レーダーセンサシミュレーションおよび妥当性確認分野の強力な開発パートナーとしてますますその地位を確立させようとしています。」

Andreas Himmler 博士、シニアプロダクトマネージャ、dSPACE



**運** 転支援や自動運転では、環境をどう検出するかが極めて大きな技術的課題となります。交通状況がどれほど複雑で予測不能な場合でもすべて適切に対応できる自動運転車両を実現するには、周囲を 360 度見渡せる信頼性の高いパノラマビューが必要であり、これにはレーダーセンサが重要な役割を果たします。従来のレーダーセンサは通常、物体の速度、距離、および水平方向の幅を検出し、3 次元の空間として検出できるのは限られた範囲のみです。また、物体の仰角方向の幅については、おおよその値を推定することしかできません。

#### 新しいテクノロジー：4D レーダー

自動車業界では、高分解能レーダーの開発を推進しており、仰角角度も正確に検出することにより検出した物体のイメージのリアリティを総合的に高めようとしています。そのため、レーダーは事実上 3D イメージングテクノロジーを搭載した機器となっており、速度も第 4 の計測項目として追加されています。これらのセンサは 4D レーダーとも呼ばれており、いかなる天候や照明条件においても高精度かつリアルタイムで物体を検出できるようにするうえでの基盤となっています。

#### 高度なテストシステムの要件

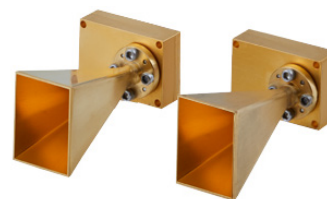
従来のレーダーは一般的に動作帯域幅が最大で 1 GHz ですが、超高分解能レーダーは通常、高周波信号を使用して追加の情報を送信するために 4 GHz という特に広い変調帯域幅で動作しています。そのため、このようなレーダー向けの新しいセンサを総合的にテストしたり妥当性確認したりする場合には、テストシステムに対する性能要件が大幅に高まります。つまり、レーダーが動作する 4 GHz 以上の帯域幅に対応したテクノロジーを実装し、エッジケースの挙動を正確に分析できるシステム

が必要となるということです。遠く離れたところを高速に移動するさまざまな大きさのターゲットをラボの条件下でリアルタイムにシミュレートするために使用するレーダーターゲットシミュレータでは、特にこれが重要になります。

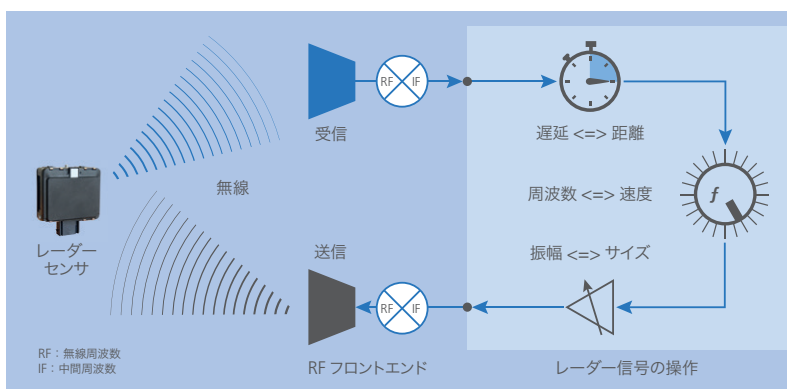
#### 5 GHz の帯域幅を備えた最初のレーダーシミュレータ

dSPACE では、開発パートナーである ITS 社および miro\*sys 社と協力して、5 GHz の帯域幅で動作する世界初のレーダーシミュレータを設計しました。新たな DARTS 9040-G は、イメージングレーダーや 4D レーダーなど、次世代のあらゆる自動車用レーダーに対応するよう設計および最適化されており、シンセサイザによる中心周波数の調整なしで 77 GHz のレーダー帯域を完全にカバーします。また、ダイナミックレンジが極めて高いうえにスプリアスがなく、雑音レベルを特に低く抑えることができるため、あらゆる 77 GHz レーダーに最適です。さらに、使いやすい無線テクノロジーにより、チップの設計段階やセンサの開発段階から完成車量産ライン (EOL) テストに至るまで、すべての開発段階で使用できます。新しい DARTS 9040-G には、さま

ざまな開発および量産段階における多様なテスト要件に合わせて調整された複数のバージョンがあります。 ■



DARTS は世界最小のレーダーフロントエンドを備えており、極めて柔軟な取り扱いが可能です。



DARTS はレーダーセンサからレーダー波を受信し、設定に応じた反射波を生成してセンサに返します。

Cyber Valley では、多くの研究者が容易に  
自動運転機能を拡張できるソリューションの  
実現に取り組んでいます。

# End-to-End Training

Andreas Geiger 博士は、Max Planck Institute for Intelligent Systems (MPI-IS) の自動ビジョン研究グループの責任者であり、チュービンゲン大学で学習型コンピュータビジョンおよび自動ビジョン部門の教授を務めています。このインタビューでは、博士が自動運転車両の開発における課題や、ドイツの大学が国際的に見ても魅力的である理由、さらには若い才能をドイツ国内に維持するための取り組みについて説明します。

2018年に、博士はコンピュータビジョン、機械学習、およびロボット工学といった部門間のギャップ解消に著しく貢献したことで IEEE PAMI Young Researcher Award を受賞されました。博士にとってこの賞の意味を簡単にご説明いただけますか。

この賞は、自分の取り組みの重要性が国際的に認められ、私たちのグループが世界最高のコンピュータビジョン研究ラボに匹敵していることを意味します。そのため、私にとって非常に大きな価値があります。私はドイツ人としては初めて、そしてヨーロッパでは3番目にこの賞を受賞した研究者となります。この賞は、若い研究者にとってコンピュータビジョンの分野で最も権威ある賞であり、大きな栄誉です。

受賞に際し、正確には何が高く評価されたのでしょうか。

自動運転車両の研究が評価されました。私はまず、カールスルーエ工科大学において、シーン理解を実現するアルゴリズムと手法を開発し、自分の論文で発表しました。ここでは実際のデータを用いるべきだと考え、複数のカメラやLiDAR、GPSなどの総合的なセンサテクノロジーを搭載したテスト車両を使用しました。そして、私はある時点で、このように手間をかけて収集したデータを一般公開しようと思ひ、自分の論文の副産物とも言えるKITTI Benchmark を発表しました。私が2012年に作成したこのツールは、今では自動運転の分野で最も影響力のあるデータセットの1つになっており、アルゴリズム評価用のコンピュータビジョンの分野では現在最先端のものです。

制御エンジニアリングと機械学習の違いをご自分の言葉で説明するとしたら、どうなりますか。

機械学習と制御エンジニアリングの間の線引きは曖昧であり、それは視点の問題とも言えます。制御エンジニアにとっては周辺認識の問題は主な研究対象ではなく、コンピュータ技術者にとっては制御エンジニアリングがそうなります。自動運転において手ごわい課題とは、周辺環境をどう認識するかや、AIでどう意思決定をサポートするかであると個人的には考えています。自動車を制御するのは、基本的にステアリング、アクセル、そしてブレーキのみであり、50個のアクチュエータと触覚センサを備えたヒト型ロボットの制御テクノロジーに比べれば、車両の制御システムは意外とシンプルだと言えます。また、自動車業界は長期にわたって車両の制御に取り組むことで膨大なノウハウを積み上げてきました。

今すぐ自動運転車両に乗れるとしたら受け入れますか。

もちろんです。機会があれば、レベル4の車両にいつ乗っても構いません。通常は、サービス担当員が同乗して、必要な場合は車両に介入しますから。

では、サービス担当員のいない自動運転車両はいつ実用化されるとお考えですか。

これは、自動車業界を代表する多くの企業が2021年中の実現を約束していました。しかし、その多くは撤回されており、業界はより現実を直視しなければならなくなっています。私は今後10年間はレベル5の自動運転車両は実現しないと考えています。なぜなら、人工知能分野にお

ける根本的な問題が解決されていないためです。レベル4の運転が成功するかどうかは、フレームワークの条件をどう定義するかによります。つまり、特定の地域や天候を条件にすれば、今後数年で実現される可能性があります。これはWaymoが既に示しています。私は、自動運転はオペレータがリモートで介入し、速度も制限した状態から開始されると予想しています。Tesla社はこの分野のバイオニアですが、今後5年以内にTesla社がレベル5の自動運転車両を実用化できたなら驚きに値するでしょう。

最大の障害は何ですか。

現在、私たちは1億マイルごとに1件の交通死亡事故が発生すると計算しています。これは、私たち人間が相当に運転に習熟していることを示しています。自動運転車両の目的は人間のドライバーよりもミス減らすことですが、最高でも10倍または100倍程度の精度向上に留まるでしょう。つまり、自動運転車両はあらゆる状況において安全でなければなりません。たとえば、夜間や降雨時、降雪の際にも周辺環境を適切に感知する必要があります。そのために使用するカメラは依然として人間の目にはまったく及びませんが、近年ではセンサテクノロジーの大きな進歩が見られています。また、自動運転車両は、交通量の多い道路や封鎖された道路にも適切に対応したり、特定の歩行者の挙動、光の反射、および予測不能な稀なイベントにも対処したりしなければなりません。ただし、これらの稀なイベントに対応するようアルゴリズムをトレーニングするには、膨大な量のデータが必要になります。さらに、現

>>

私たちはシミュレーションの効率化にも取り組んでいます。なぜなら、妥当性確認やトレーニングにおいて可能な限り現実に即してシミュレーションを行うことは今後ますます重要になると確信しているためです。

状のアルゴリズムでは因果推論を実行できない、つまり結論を引き出すことができないということも大きな課題です。そのため、手作業によってシステムの高度な再プログラミングを行う必要があります。倫理的問題や法的な問題も解消しなければなりません。もうお分かりのように、課題は山積しているのです。

#### 博士はどの分野に注力されていますか。

私たちの研究グループは、これまでのコンピュータビジョンの課題に注力しており、たとえば、奥行き認識性能を改善して安定化する方法や、より少ないデータでもアルゴリズムが効果的に学習できるようにする方法を研究中です。また、シミュレーションの効率化にも取り組んでいます。なぜなら、妥当性確認やトレーニングにおいて可能な限り現実に即してシミュレーションを行うことは今後ますます重要になると確信しているためです。さらに、自動運転向けアルゴリズムのトレーニングにも重点を置いています。私たちは現在、従来のモジュール型のアプローチに沿って研究を行う自動車業界とは対照的に、総合的なトレーニングを行えるシステムの実現を追求しています。

#### エンドトゥエンドのトレーニングの仕組みとその利点を教えてくださいませんか。

エンドトゥエンドのトレーニングでは、システム全体を周辺環境の認識から制御までの1つのプロセスと捉え、それを単一のニューラルネットワークで再現することを試みます。このシステムでは、車両から認識データと制御データ、つまりステアリング、アクセル、およびブレーキのデータを収集します。この手法の利点は、物体認識などのサブタスクに向けて個々のモジュールをトレーニングするのではなく、目標に向けてシステムを直接トレーニングすることが可能な点です。私たちは、この総合的なモデルが自動運転をより適切に拡張するための解決策であると信じています。自動車業界では大勢のエンジニアがモジュールごとに作業するモジュール型コンセプトを採用しています。しかし、私たちのモデルには現在、そのような精度も安定性もありません。一方、このモデルでデータの複雑さに対処できれば、機械学習を行ってはるかにすばやく新しい都市や新しい環境に適応させることができます。

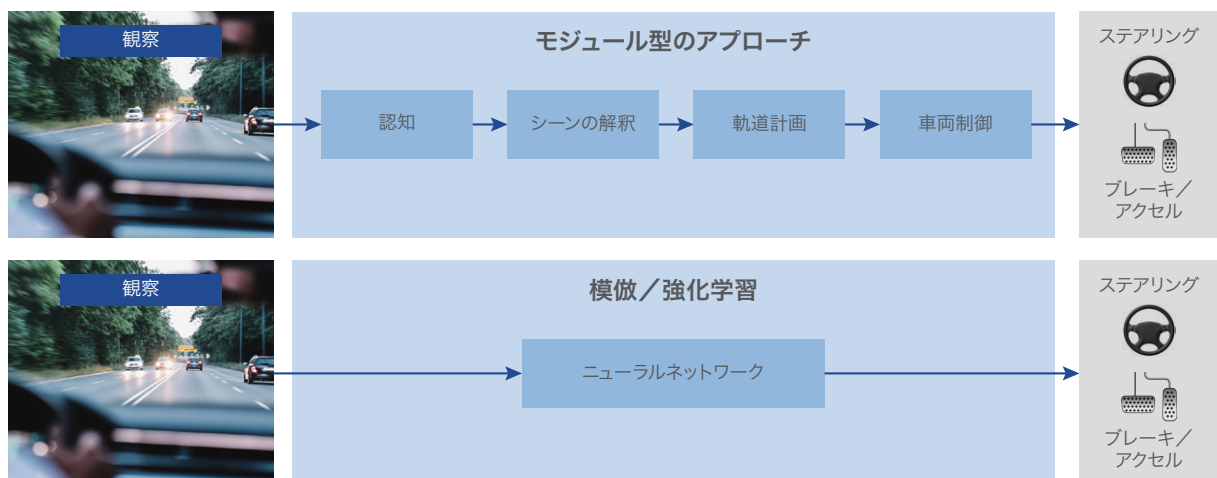
#### 自動車業界とはどの程度緊密に連携していますか。

私たちは地域のサプライヤーや自動車メーカーと多数のサブプロジェクトを通じて協力し合っています。私たちが注力するエンドトゥエンドのアプローチは、モジュール型のアプローチを採用している自動車業

界にとっては直ちに容認できるものではないにせよ、大きな関心事ではあります。私たちは現在、自動運転に関連した環境センサデータの処理を自己学習を通じて自動化するための方法を分析するKI Delta Learning (AIデルタラーニング) プロジェクトに参加しています。このプロジェクトは、連邦経済エネルギー省から委託されたものであり、自動車業界の大手メーカーやテュービンゲン大学を含む複数の大学が参加しています。

#### 博士がテュービンゲン大学のCyber Valleyに参加し続ける理由と、ドイツの大学が国際的にも魅力的である理由を教えてくださいませんか。

欧州は学術研究における強力な地盤であり、自動車業界はAIに大きな関心を寄せています。また、テュービンゲン大学やMax Planck Instituteは巨大な研究者ネットワークの一部を成しており、研究者たちはコンピュータビジョンの課題に取り組むだけでなく、AIを応用して神経科学などの関連分野も研究しています。このようなネットワークでは、専門分野の枠を超えて互いに学び合える環境が形成されます。それが、ここに拠点を置く魅力です。また、ここではさまざまな活動における人脈作りも欧州レベルで継続できます。機械学習やAIに関する情報のやり取りを大学間



画像提供：© A. Cardinale



Andreas Geiger 博士は、Max Planck Institute for Intelligent Systems (MPI-IS) の自動ビジョン研究グループの責任者であり、テュービンゲン大学で学習型コンピュータビジョンおよび自動ビジョン部門の教授を務めています。

や博士課程の学生間で行えるようにする ELLIS (European Lab for Learning and Intelligent Systems) も、そのような場の 1 つです。つまり、シリコンバレーに住み、多くの大企業とやり取りする必要はないのです。Amazon 社は現在 Cyber Valley 内で施設を拡大しており、Bosch 社はこの近辺に新しい施設を建設中です。また、私たちは NVIDIA 社からのサポートも受けており、Intel 社とも緊密に協力しています。ただし、スタートアップ企業としての課題はいくつか残っています。

**具体的にはどういふことでしょうか。**

まず、私たちは世間一般の考え方を変革する必要があります。また、スタートアップ企業にはより多くのサポートが必要です。つまり、有能な若者たちが米国の技術系最大手の企業に引き抜かれずに、ここで自分のアイデアを実現できるよう、起業支援を拡充し官僚的な手続きを排除する必要があります。こうした点で、Cyber Valley の設立者は思考スタンスを変えてきています。若者たちは一度去ってしまうと、二度と戻って来ないかもしれません。この地に

### KI Delta Learning (AI デルタラーニング)

KI Delta Learning 研究プロジェクトの目的は、さまざまな研究分野間の差異を評価して新しい手法を設計することにより、人工知能が既存の分野から知識を転用して追加要件 (特定の「デルタ」) だけを学習すれば問題を解決できるようにすることです。これにより、新しい知識の追加が必要な場合でもより少ないテストデータで作業が済み、学習プロセスを加速することができます。

才能を引き留めることが極めて重要なことです。

インタビューにご協力いただきありがとうございました。

つまり、有能な若者たちが米国の技術系最大手の企業に引き抜かれずに、ここで自分のアイデアを実現できるよう、起業支援を拡充し官僚的な手続きを排除する必要があります。こうした点で、Cyber Valley の設立者は思考スタンスを変えてきています。

CONNECTED



**INTEMPORA**  
MULTISENSOR SOFTWARE SOLUTIONS

A dSPACE COMPANY

AUTONOMOUS

INT  
+ Σ\*TI  
TTT  
REINCO GROUP

# Strengthening the AD Portfolio

Intempora 社製のソフトウェアツールにより、  
データドリブン開発向けの  
dSPACE ソリューションを補完

RADAR

INT\*3

TTS SENSORS GROUP 3-12

dSPACE は 2020 年 7 月、リアルタイム開発ソフトウェアのパイオニア企業である Intempora 社を買収しました。両社は既に、長期にわたって戦略的パートナーシップを結んできました。この買収により、dSPACE は信頼性に優れた独自のエンドトゥエンドのソリューションを提供し、多くの革新的な開発プロジェクトを最適にサポートできるようになりました。このインタビューでは、Intempora 社の CEO である Nicolas du Lac 氏が同社の沿革や、dSPACE との緊密な連携により同社が生み出してきた価値について説明します。

Nicolas さん、Intempora 社は 20 年前に初めてセンサ信号処理ソフトウェアを開発した会社の 1 つでした。その当時に自動運転について語る人は誰もいなかったと思いますが、どのようにして最初の開発作業を行ったのですか。また、自動車市場の要件を満たすために御社のソフトウェアはどのように進化していったのでしょうか。私が 2000 年に Intempora 社を設立したのは、1998 年に Mines ParisTech のロボット工学センターで開発され、今では当社の中核テクノロジーである RTMaps を技術的に確立できたからです。当時、前取締役の Claude Laugeau 氏の指揮によりロボット工学や高度道路交通システム (ITS) に取り組んでいたチームが、EU からの資金援助で自動運転を研究する最初のプロジェクトだった Eureka プロメテウス計画に参加しました。当初、このプロジェクトでは自動運転車両をロボットとして扱っていたため、認識、位置取り、制御、高速で動く能力、安全要件、人間との連携など、モバイルロボットに関連した課題の克服に重点が置かれていました。Claude 氏のチームには、当時は博士課程の学生であった Bruno Steux 氏と

Pierre Coulombeau 氏が在籍しており、車両認識や正確な位置取りのためのコンピュータビジョンアルゴリズムやベイジアンネットワークを用いたデータフュージョンの開発に取り組んでいました。彼らの目標は、プロトタイプ車両に前面カメラ、前方レーダー、そして初期の LiDAR スキャナモデルを搭載し、これらのアルゴリズムをリアルタイムに実行することでした。その中で、2 人は自分たちの時間の 90% を論文の中心であるアルゴリズムではなく、ソフトウェアアーキテクチャを構築する作業に費やしていたことにすぐに気がきました。複雑なソフトウェアのさまざまな要素を管理するには、複数の車載センサからデータを取得して処理し、オフライン作業用にビジュアル表示して記録、再生する機能など、モジュール型 (コンポーネントベースの) 環境が必要でした。また、2 人は、タイムスタンプとデータ同期化プロセスを導入することで、さまざまなデータストリームや非同期データソース間においてもスムーズかつ一貫性に優れた形でセンサデータを融合できるようにしたいと考えていました。しかし、彼らが求める開発ツールは市販されていなかったため、>>

ACTIVE LANE ASSIST

INT\*3

TTS SENSORS GROUP 3-12

## 「当社のお客様の大半は、運転支援や自動運転のアルゴリズムの開発に RTMaps を使用しています。」

独自のソフトウェアソリューションである RTMaps (リアルタイムマルチセンサアプリケーション) を開発したのです。その数か月後に、多数の車載カメラ、レーダー、および LiDAR センサを統合したデータロギングソリューションを熱心に求めていた CarSense という別の欧州プロジェクトコンソーシアムが RTMaps のテストを行ったところ、見事に機能することが分かりました。それが Claude 氏と Bruno 氏が会社を設立した動機です。彼らは、そのようなソフトウェアなら自動車業界の将来に有益であると考えたのです。

**Intempora 社の初期のマイルストーンをいくつか教えてください。**

2002 年にベルサイユで開催された IEEE

Intelligent Vehicle Symposium では、パリ国立高等鉱業学校が、車載データ処理ソフトウェアとして RTMaps を使用して LaRA と呼ばれる自動運転プロトタイプ車両のデモを行いました。この車両は、単一の横方向制御用カメラとトランク内に搭載した Pentium II コンピュータを使用して、ハンドルに一切手を触れずに時速 100 km 以上でコースを走行しました。2004 年には、Intempora 社の最初の顧客の 1 つである LIVIC 研究所が、性能は同等であるものの、縦横両方向の制御機能を備えた完全自動運転車両を発表しました。数年後には、自動運転の実現に向け、米国の DARPA グランドチャレンジが世界的なレースを開催するようになり、DotMobil チームが RTMaps を使用して

このチャレンジに参加しました。また、ニューヨークの ITS 2008 展示会では、RTMaps を搭載した SwRI 車が展示されました。現在、当社は世界中のお客様から多くの支持を得ており、15 年以上も当社のソリューションを使用しているお客様もいらっしゃいます。言うまでもありませんが、当社のソフトウェアは絶えず進化を続け、大いに向上してきたのです。

**Nicolas さんはこれまでかなり長い間、自動運転の開発現場を見てこられました。自動運転車両の実用化に向けて克服すべき大きな課題は何でしょうか。**

自動運転車両について語る場合、ロボタクシーと家用車を区別して考える必要があります。前者は大量のセンサや計算処理リソースを備える必要があり、開発は非常にゆっくりとしたペースで行われています。一方、後者は価格が手頃であり、保守スケジュールも異なります。つまり、家用車はより速いペースで開発できますが、レベル 5 の自動運転 (家用) 車両を実用化すると、まだ克服すべき課題が多くあります。主な課題となるのは、いかなる運転条件や運転状況においても安全性を確保することです。安全性は、当局から量産展開の認可を受けたり、一般ユーザに受け入れてもらうための必須条件です。安全性を実現するうえでは、次のような複数の技術的課題が伴います。

**あらゆる条件でセンサの精度と効率性を確保 :**

センサの分解能と対応範囲は日々向上しています。夜間、霧、雨、雪、泥の中などの運転を含む多様な状況に適切に対処できる自動運転車両を実現するには、センサテクノロジーを組み合わせる必要があります。

**ソフトウェアの複雑性に対処 :**

自動運転車両は極めて複雑なリアルタイムシステムであり、膨大な広帯域幅データストリームを処理できる複雑なソフトウェアを実装する必要があります。また、実行時間、レイテンシ、およびエラー管理といった安全上のさまざまな制約を受けつつも、複数のアルゴリズムやソフトウェアのタスクを堅牢性や効率性に優れた形で同時に実行できなければなりません。

**データ管理とアルゴリズムの妥当性確認 :**

データは自動運転車両の実質的な燃料と言えます。エンジニアが認識アルゴリズムやディープラーニングアルゴリズムのト



### 成功事例 : Navya シャトル

自動運転シャトルバスにおける世界有数のサプライヤである NAVYA 社では、マルチセンサ開発環境である RTMaps を使用して自動運転の複雑な機能を開発しています。Nicolas du Lac 氏は、「NAVYA 社とは、同社の創業以来協力してきました。NAVYA 社の従業員数は 250 人になりましたが、依然急速な成長をしている最中です。同社は世界全体で既に 150 台以上の車両を稼働させています」と述べています。RTMaps は、多くの開発者が日常的に使用しているツールです。Nicolas du Lac 氏は、「同社の成功に貢献できたことは私たちの誇りです」としています。



Nicolas du Lac 氏、CEO、Intempora 社



レーニング、テスト、および妥当性確認を行うには、さまざまな運転状況における幅広いセンサデータセットを大規模に収集する必要があります。また、堅牢で安全なシステムの開発と妥当性確認には、シミュレーションツールだけでなく、データの選択や後処理のためのデータアノテーションツールやラベリングツール、管理ツールも極めて重要になります。dSPACE による当社の買収以降、当社のソフトウェアエンジニアやコンサルティングチームは、信頼性と効率性に優れたソリューションを市場にお届けできるよう、dSPACE と緊密に連携してきました。私たちは、次のステップを明確に見据えて行動しています。目標は、プロトタイプングから量産段階に至るまでのすべての自動運転開発プロセスに対応できる独自のソフトウェアツールチェーンを提供することであり、当社はそのためのたくさんのアイデアを持っています。

**Intempora 社のコアソリューションである RTMaps というソフトウェアがそれほど特別である理由は何ですか。また、どのようなお客様が利用しているのでしょうか。プロジェクトの一例を簡単に説明いただけますか。**

当社のお客様の大半は、運転支援や自動運転のアルゴリズムの開発に RTMaps を使用していますが、自動運転列車、ロボット工学、洋上風力タービン、スマートリアビューミラー、検査ロボット、ドライバーやパイロットの挙動のシミュレーション、モバイルマッピングシステム、認知アプリケーション、レース用帆船用のシステムやビデオモニタリングを含む他のアプリケーションや分野で RTMaps を利用するお客様もいらっしゃいます。RTMaps が多くのお客様に評価される理由は、その高い汎用性と優れたパフォーマンスだと言えます。一部のお客様は、開発プロセスを劇的にスピードアップするためには RTMaps が不可欠だと考えています。たとえば、Valeo 社は、さまざまな国での研究開発に RTMaps を使用しています。当社は最近、Valeo Drive4U Locate アルゴリズムを RTMaps AI Store で発表するため、同社と技術提携を結びました。Valeo Drive4U Locate は、Valeo 社が自動運転用に開発した、高精度かつ盤石な位置特定とマッピングができる、手頃な価格のソリューションです。この SLAM を使用す

ると、GPS 信号が限られている、または一切ない状況においても、センチメートル単位の精度で車両の位置を特定できます。このアルゴリズムは RTMaps を用いて開発されており、レベル 4 の自動運転車両を使用したデモもパリの街路で行われています。

**RTMaps を補完するソリューションには、新しいデータアノテーションソフトウェアである RTag や Intempora Validation Suite (IVS) などがあります。これら 2 つのソリューションではどのような機能を提供していますか。**

携帯端末用のアノテーションソフトウェアアプリケーションである RTag を使用すると、走行中に手作業で容易に車載データレコーダをモニタリングし、レコーディングセッションに手作業で注釈を付けることで、関連するシナリオを識別することができます。Intempora Validation Suite (IVS) は、ビッグデータアーキテクチャ（クラウドまたはオンプレミス）に保存されたドライビングセンサの大規模な記録データを使用して、(RTMaps など設計された) 認識およびディープラーニングアルゴリズムを含む ADAS および AD ソフトウェア機能をトレーニングしたり、テスト、ベンチマーキング、妥当性確認したりできるクラウドベースのソフトウェアツールチェーンです。

**dSPACE との提携は、各地のお客様との関係にどのような影響を与えていますか。**

世界中のお客様やパートナー各社は、この買収を非常に好意的に受け入れてくださいました。これは、間違いなく当社の歴史における新たな一章です。これまで常にそうであったように、当社はすべてのユーザーに最高クラスのソフトウェアソリューションを提供することに引き続き取り組んで参ります。dSPACE との協力関係は順調であり、当社は既に戦略に関する議論に何度も参加しています。この買収によって、当社はさまざまな能力をより強化し、多様な顧客プロジェクトに最適なサポートを提供できるようになりました。

**テクノロジー開発の面では、提携によって両社の関係性にどのような影響もたらされていますか。**

テクノロジーは急速に進化しています。その中で、私たちは最先端のソフトウェアを市

場にお届けするため、ソリューションの改良や開発を継続的に行っています。当社は dSPACE と協力しつつ、シームレスかつ完全なエンドトゥエンドのツールチェーンの実現を目指します。また、dSPACE の別のグループ会社である understand.ai 社製のツールを IVS に統合して新たな機能拡張を実現することにも取り組んでいます。当社では、お客様の期待に一層応えられるようにするため、NVIDIA 社、NXP 社、Renesas 社などの半導体企業との技術提携を続けていきます。また、将来の課題に対する戦略的アプローチを定めるため、dSPACE のコンサルティングチームと協力して製品ロードマップの作成も行っています。

**お客様は、製品に関してどこに問い合わせをしたらよいのでしょうか。**

お近くの dSPACE の支店やアカウントマネージャに問い合わせるのが最善の方法です。dSPACE は世界中に支店を持ち、現地の言葉でお客様ごとに最適なサポートを提供しています。

**インタビューにご協力いただきありがとうございました。**

## シミュレートされた 運転シナリオで カメラ ECU をテスト

自動運転車両では、カメラが記録した周辺の画像を解釈する電子制御ユニット (ECU) が重要な役割を果たします。dSPACE では、カメラ ECU のテスト用として dSPACE カメラボックス、dSPACE SCALEXIO シミュレータ、および dSPACE ソフトウェアで構成されたシステムを提供しています。

### シミュレーションプラットフォーム

dSPACE の HIL (Hardware-in-the-Loop) テストシステムである SCALEXIO は、扱いやすく実績のあるプラットフォームです。SCALEXIO は、テストプロセスにかかる時間を節約しつつ、高い信頼性を維持しながらテストを再現したり、各種のテストオートメーション機能を活用したりできるなど、HIL テストのさまざまな長所を持ち合わせています。また、dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) を統合すれば、車両、他の交通利用者、および環境をシミュレートすることもできます。dSPACE Sensor Simulation for



適用例：カメラ用の運転シナリオを画面上で再生して、関連する ECU をテストします。この場合、カメラを個別に配置するだけでなく、多様な種類のレンズを取り付けてさまざまに異なるカメラ用の鮮明画像を作成することも可能です。テストの実行中は、邪魔な光の反射やグレアが現れないようにするため、ボックスを閉じて完全に暗くします。

Camera を組み合わせると、テストドライブを高精度なモニタ上でビジュアル表示することも可能です。

### 考えられる使用事例：NCAP 衝突試験

dSPACE カメラボックスは、新車アセスメントプログラム (NCAP : New Car Assessment Program) 衝突試験に活用することができます。また、dSPACE のテストオートメーションソフトウェアである AutomationDesk を使用すると、テストシーケンスを作成してそれを自動的に実行することができるため、テストプロセスの効率化につながります。dSPACE SYNECT は、さまざまなテストバージョンの管理に最適です。AutomationDesk と SYNECT を併用すれば、多数のテスト用バリエーションをより簡単に作成することができるため、テスト品質の向上につながります。■

ECU は、dSPACE MotionDesk でビジュアル表示された運転シナリオを評価し、それに応じた反応を返します。このテストには、他の車両、歩行者、道路標識、街路樹などの環境オブジェクトを適切に検出し分類することができるかなどの検証も含まれます。





新しいボードは次の SCALEXIO システムに使用できます：(左から順に) SCALEXIO LabBox、SCALEXIO AutoBox、SCALEXIO ラックシステム、SCALEXIO カスタマイズラックシステム

## SCALEXIO システムの新機能

SCALEXIO システムの広範な機能とパフォーマンスを継続的に拡張するための新しいハードウェアが発表されました。下記の製品は、特に電動化モビリティ分野の

SCALEXIO 製品ポートフォリオをさらに拡張するためのハードウェアであり、高度に動的な Electric Drive コンセプトや関連するパワーエレクトロニクスの機能開発

や ECU テスト向けのカスタムソリューションを提供します。■

製品	説明
DS6121 Multi-I/O Board 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ アプリケーション固有の機能的なレイアウトを有し、モーターおよびパワーエレクトロニクスの動的な制御に適したマルチ I/O ボード</li> <li>■ エンコーダ信号の処理、電流／電圧の同期計測、およびマルチチャンネル PWM 信号の生成用の各種インターフェース</li> <li>■ 統合センサ内蔵</li> </ul>
DS6651 Multi-I/O Module 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ SCALEXIO FPGA ボード向けの I/O 拡張製品</li> <li>■ Electric Drive およびパワーエレクトロニクス分野の高度に動的な制御機能の開発やテストに最適</li> <li>■ 強力な 6 個のアナログ入出力チャンネルと 16 個のデジタルチャンネルを搭載</li> <li>■ 1 台の dSPACE FPGA Board (DS2655、DS6601、DS6602) に最大 5 つのモジュールを接続可能</li> </ul>
DS6342 CAN Board 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 8 個の独立した CAN/CAN FD チャンネルを備えたバス I/O ボード</li> <li>■ 多数の CAN/CAN FD チャンネルを必要とする用途に最適</li> </ul>
DS6321 UART Board 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ RS232、RS422、RS485、および K-Line 通信プロトコルを個別に設定可能な 4 つのコントローラを備えたバス I/O ボード</li> <li>■ 制御ユニットまたは外部デバイスをシリアルインターフェース経由で SCALEXIO システムに接続する場合に最適</li> </ul>

## MicroAutoBox III Embedded PC – 演算負荷の高い車載タスクに最適な PC 拡張製品

新しい MicroAutoBox III Embedded PC は、実車での使用に必要なすべての能力を備えており、MicroAutoBox III リアルタイムシステムの PC 拡張製品としての使用やスタンドアロンの PC システムとしての使用に対応しています。搭載されている Intel® Xeon® サーバプロセッサは、そのコンパクトなサイズと堅牢性にもかかわらず、Linux® ベースや Windows® ベースの要求の厳しいタスクにも高い処理能力を提供しており、マルチセンサソフトウェアである RTMaps や ROS (Robot Operating System) の実行といった運転支援機能 (ADAS) 向けのアプリケーションや、インフォテインメントおよびテレ

マティックスアプリケーションにも対応することができます。また、MicroAutoBox III Embedded PC を使用すると、テストドライブの際に ControlDesk などの dSPACE ソフトウェアを車内で簡単に実行できるため、ノートパソコンなどの追加機器の台数を削減することができます。さらに、Embedded PC を介してさまざまなステータス表示用のディスプレイやタッチスクリーン、ダッシュボードを直接 MicroAutoBox III システムに接続することも可能です。

GNSS レシーバなどのオプションの LTE モジュールを統合すれば、テストドライブ

の実行中に MicroAutoBox III の内部データにアクセスし、クラウドや他のサーバなどに直接データを送信することもできます。

MicroAutoBox III Embedded PC には 10 Gigabit Ethernet インターフェース (10GBASE-T) が 2 つ搭載されているため、カメラなどの広帯域幅のセンサも接続でき、WLAN、CAN FD、および BroadR-Reach 用の拡張機能を実装することも可能です。 ■





# FPGA

## ハイエンドのパワーエレクトロニクスシミュレーション – 専門知識がなくても実行可能に

電動化モビリティ業界では現在、多数のメーカーが将来の充電インフラソリューションの開発という課題に直面しています。今後は、車両に搭載された充電テクノロジーを使用して公共の場で急速充電を行ったり、自宅の壁掛け充電ボックスから夜間充電を行ったりする際など、多くの場合にインテリジェントに制御されたパワーエレクトロニクスが必要となります。しかし、そのための制御アルゴリズムを効率的かつ最大限のパフォーマンスでテストするにはどうすればよいでしょうか。リアルタイムモデルを手作業で作成する場合、通常は相当の時間と専門知識が必要になります。dSPACE では、これを解決し得る総合的なツールボックスである Electrical Power Systems Simulation (EPSS)

Package を提供しています。このツールボックスを使用すれば、複雑なトポロジに対処したり、小型の整流器や DC/DC コンバータを使用したソリューションに対応したりする場合でも、マウスを数回クリックするだけで回路図からリアルタイム処理向けのモデルを生成することができます。EPSS ツールボックスの最適化されたアルゴリズムを dSPACE DS6601 および DS6602 FPGA ベースボード上で使用すると、切り替え周波数をさらに高めたりモデルトポロジを大規模化したりすることが可能です。dSPACE ツールボックスには、特に高い性能が必要となる回路向けの半自動モデル分割機能が用意されています。この機能では、各種のアルゴリズムによって回路全体を解析し、リソースの消費量や安定性に関

する情報を引き出し、モデルの最適な分割ポイントを特定します。また、新しい光学高速通信インターフェース (マルチギガビットトランシーバ、MGT) を使用すると、大規模なトポロジを複数の FPGA に容易に分散することができます。 ■

## dSPACE V-ECU タスクフォース

PC ベースのシミュレーションプラットフォームを使用して早期の段階で ECU ソフトウェアを仮想的に検証すると、開発プロセスを極めて効率的に設計できるようになります。また、この環境にさまざまなモデリング手法や規格を統合すれば、現実に即したシミュレーションをすばやく容易に実装することができます。このような場合に、バーチャル ECU の PC

シミュレーションプラットフォームである dSPACE VEOS を活用すると、効率的にテストをフロントローディングすることが可能です。さらに、当社の各種ソフトウェアでは Simulink インプリメンテーション コンテナ (SIC)、Functional Mock-up Units (FMU)、レストバスシミュレーション (BSC)、バーチャル ECU (V-ECU) など、幅広いシミュレーション形式をサポート

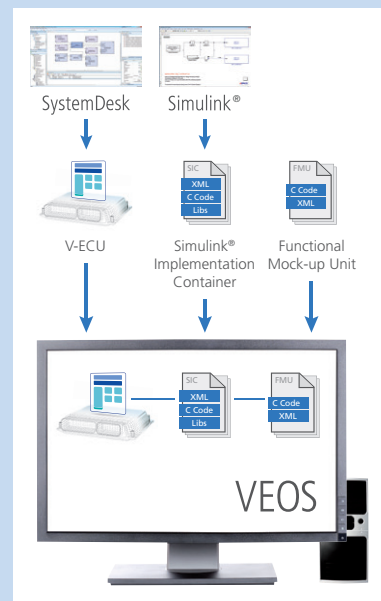
しており、XCP や XIL API などのさまざまなインターフェースを通じて容易にシミュレーション環境を計測することができます。

当社では、仮想検証分野における長年の経験から、さまざまな課題はシミュレーション自体やテストの統合方法にあるのではなく、シミュレーションに必要な成果

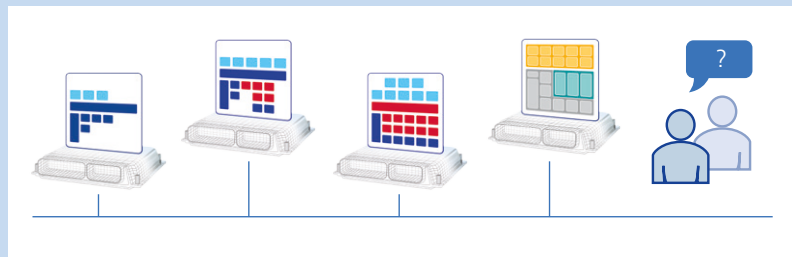
&gt;&gt;

物をどのように仮想化するかにあると考えています。特にバーチャル ECU を生成する場合には、さまざまな要素が複雑に絡み合うため、多数のプロセスやワークフローが必要になります。アプリケーションソフトウェアのみを使用する V-ECU (レベル 1) を作成するのは比較的容易ですが、MCAL レベルの V-ECU (レベル 3) 向けのアプリケーションやベシックソフトウェアでは、基盤となるハードウェアに大きな依存関係があります。V-ECU の作成時にはさまざまな技術的課題を克服しなければならず、仮想化の際には ECU に携わる各ソフトウェアマネージャ間で生じる複雑なプロセス関連の依存関係に対処しなければなりません。たとえば、OEM メーカーが通常責任を持つのは、アプリケーションソフトウェアの一部、あるいは大部分、そして多くの場合は異なるサプライヤから提供されたベシックソフトウェアの大部分になることが考えられます。実際の ECU をテスト対象システム (SUT) として使用する HIL (Hardware-in-the-Loop) テストに対し、SIL (Software-in-the-Loop) テストでは、実際の ECU の一部のみを再現したものや V-ECU に移行させることが必要なものなどといった多様な成果物で構成された SUT が使用されます。そのため、通常の HIL テスト担当者とは異なる V-ECU のテスト担当者が大きな課題に直面するのは、特に HIL から SIL にテストをフロントローディングする場合です。dSPACE では、お客様がこれらの課題に適切に対処できるようにするため、V-ECU タスクフォースを設立しました。V-ECU タスクフォースは、当社の製品開発部門とエンジニアリングサービス部門の技術専門スタッフによって構築されたチームであり、お客様が SIL ツールチェーンを問題なく使用開始できるよう支援し、特に V-ECU 生成の際のサポートに注力することで、お客様のご要望にすばやく柔軟に対応できるようにしています。V-ECU のワークフローに関する豊富な経験を有する V-ECU タスクフォースでは、さまざまな関係者が関与するプロセスで生じる多様な課題にお客様

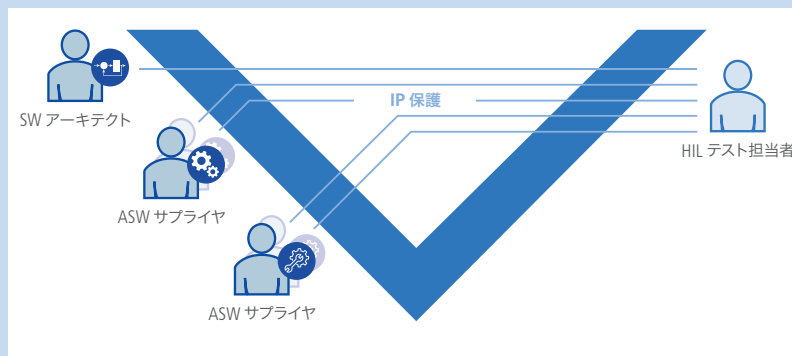
が対処できるよう支援しており、V-ECU または SIL ツールチェーンをテストプロセスに統合する際の問題もサポートしています。V-ECU タスクフォースの詳細については、営業担当者を通じて、または直接 [V-ECU\\_TaskForce@dSPACE.de](mailto:V-ECU_TaskForce@dSPACE.de) までお問い合わせください。 ■



VEOS では、さまざまなソースからのデータを処理することができます。



AUTOSAR などの規格では、ハードウェア層とソフトウェア層を明確に分離することが求められていますが、これは通常実現不可能です。



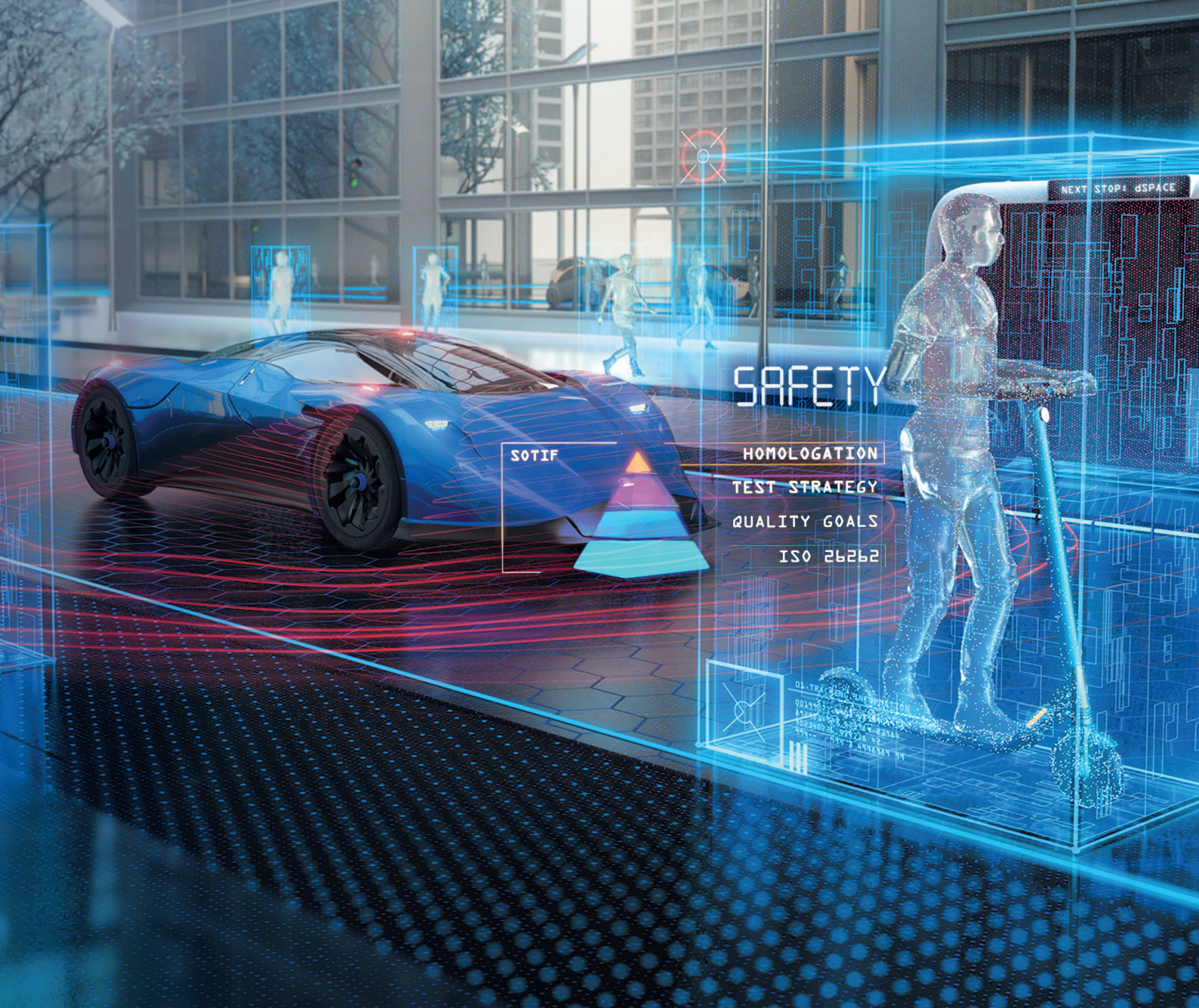
SIL の妥当性確認では、HIL の妥当性確認以上にさまざまな関係者が関わり合うため、それによる新たな課題も生じます。



## Our Solutions – Your Success:

dSPACE はお客様に寄り添い、ステアリングおよびブレーキ用のテストベンチを数多く提供してきた実績があります。

**dSPACE**



# より安全な自動運転の実現

dSPACEはシミュレーションおよび妥当性確認におけるお客様のパートナーとして、安全な自動運転車両を実現させます。データロギングから認証に至るまで、統合開発環境やテスト環境の構築・運用に向けたさまざまなソリューションを提供しています。

[www.dspace.com](http://www.dspace.com)

**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	Fax:03 5798 5464
〔中部支店〕	〒450-0002 愛知県名古屋市市中村区名駅4-5-28 桜通豊田ビル9F	Tel:052 856 7700	Fax:052 856 7701
〔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	Fax:028 346 5501
〔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	Fax:06 6396 1901