

# dSPACE MAGAZINE

2/2021

**CATARC 社 – 安全な自動駐車システム** | Page 20



**Hutchinson 社 – 航空機の効率的なシミュレーションおよび  
オートメーション** | Page 10

**Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System 社 –  
燃料電池の容易な妥当性確認により開発を加速** | Page 6



## 先進的な 検出テクノロジー

既に市場に出ている車両に搭載されている先進運転支援システムの可用性と信頼性を向上させ、完全自動運転 (L5) 実現に向けた課題を克服するためには、正確性や識別能力に優れているだけでなく、高分解能な水平角および仰角を感知できる自動レーダーシステムが必要となります。Uhnder社は、4D環境を確実に検出できるデジタルオンチップレーダーの開発を通じて、検出テクノロジー業界をリードしています。これらのレーダーセンサの開発とテストをサポートしているのが、dSPACE Automotive Radar Test Systems (DARTS) です。



「dSPACEは、電動の自動走行型コネクテッドカーの開発に使用するシミュレーションおよび妥当性確認ソリューションのプロバイダとして理想的な技術パートナーです。自動運転において鍵となるのはレーダーテクノロジーであるため、新しく開発したセンサテクノロジーの妥当性は早期の段階で確認することが必須だからです。当社は、dSPACEのような世界有数のパートナーと連携することで、革新的な技術をよりすばやく世界中で実用化できると考えています。」

Ralf Reuter 博士、  
特別研究員、顧客およびアプリケーションエンジニアリング担当シニアディレクター、Uhnder社



「dSPACE は、製品の構想段階から認証に至るまでの、研究開発プロセスのすべてにおいて、エンドトゥエンドの要件に対応するソリューションを提供しています。」

#### 読者の皆様へ

ソフトウェアが機能や性能を左右するようなデジタル車両が現実のものとなりつつあります。自動車業界は極めて大きな変革期を迎えており、車両の新しい要件に対応しつつ、既に運用されているソフトウェアにも継続的にアップデートを提供できるようにするための作業を急速に進めています。デジタル車両における変化は、単に車載ソフトウェアの数が増えるだけではありません。各ソフトウェアコンポーネントも、車両内での接続、周辺環境との接続、バックエンドとの接続というように、新しい水準での接続性に対応しなければなりません。そしてその結果、かつてないほどの複雑化が生じており、業界全体がそれを克服しようと奮闘している状態です。また、安全性の要件にも同じことが言えます。複雑化するシステムを所定の品質規格に準拠させるには、妥当性確認の大部分をシミュレーションで行う必要があることは周知の事実です。ただし、デジタル車両というものは車両を出荷すれば妥当性確認が終了するわけではありません。プロセスの継続的な統合と展開を通じてソフトウェアをアップデートしていかなければならないのです。つまり、車両のライフサイクル全体にわたって確実にソフトウェアをリリースしテストできるようにするには、信頼性に優れ、将来の要件にも通用するシミュレーションおよび妥当性確認向けの手法やツールが必要ということです。シミュレーションは、ソフトウェアによって定義された車両の品質保証における重要な柱であり、迅速な無線アップデートサイクルの実現にも不可欠です。当社にとって極めて重要なことは、お客様が成功することです。そして、その実現のためにすべきことを当社は常に考えています。

■ dSPACE は 2,000 人以上の従業員を抱えるまでに成長し続けていますが、そのうち 1,450 人以上はエンジニアやコンピュータ科学者です。当社は、製品の構想段階から認証に至るまで、研究開発プロセスすべての複雑な要件を熟知したスタッフが専門知識、コンサルティングサービス、およびシームレスなソリューションを提供することによって、お客様がデジタル車両の複雑性に対応できるようサポートしています。

- また、当社は開発サイクル全体をカバーするエンドトゥエンドのソリューションも提供しています。これには、プロトタイプング、データリプレイ、SIL (Software-in-the-Loop) および HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションなどが含まれます。dSPACE の製品は、当社の各ラインアップのそれぞれを組み合わせて最適な総合型ソリューションを構築できるように設計されているだけでなく、お客様やサードパーティ製のソリューションも自由に統合することが可能です。
- さらに当社は、アジャイルソフトウェア開発のスキルや能力も磨いており、エンドトゥエンドの SIL および HIL シミュレーションを提供する企業へと進化しています。
- 組織としては、合併や買収によって技術的な専門知識を継続的に強化しており、特にセンサ、AI、クラウドコンピューティング、およびデータ管理に注力するため、大手エンジニアリングプロバイダやセンサ、クラウドのプロバイダとも提携しています。

さらにこのような取り組みを基盤として、当社ではまったく新しいソフトウェアソリューションも構築しています。たとえば、当社の新しいクラウドベースのシミュレーションおよび妥当性確認プラットフォームである SIMPHERA は、dSPACE の強みとして高く評価されている HIL および SIL シミュレーションにスケーラブルなクラウドコンピューティングを組み合わせたソリューションです。SIMPHERA については、40 ページの記事をお読みください。また、当社は高度に専門的なディープテックスタートアップ企業である neurocat 社の所有権を新たに取得することで、AI のロバスト性や品質保証も強化しています。今回の dSPACE Magazine では、シミュレーションおよび妥当性確認分野におけるお客様のパートナーとしての当社の決意を改めて示しています。これは、さまざまなお客様との協力のもとに築き上げられた多くのユーザ事例をご覧いただければ、明確にご理解いただけると思います。今号も刺激的な事例に溢れています。ぜひお楽しみください。

Martin Goetzler



SIMPHERA | PAGE

40



HUTCHINSON 社 | PAGE

10



データパイプライン | PAGE

36

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

広告条列管理責任者: 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, Ulrich Nolte, Dr. Gerhard Reiß,  
Patrick Pohsberg, Sonja Ziegert

協力: Bassam Abdelghani,  
Patrik Morávek 博士

編集および翻訳: Robert Bevington,  
Stefanie Lüdeking, Anna-Lena Huthmacher,  
Stefanie Kraus, Zachary Muehlenweg,  
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 2021

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ございます。

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



チューリッヒ工科大学 | PAGE

24



インタビュー 韓国支社 | PAGE

48

- 3 社長挨拶
- お客様の事例**
- 6 Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System 社  
**Energy from the Cell**  
商用車における燃料電池向けコントローラ  
ソフトウェアの効率的な開発および妥当性確認
- 10 Hutchinson 社  
**Active Vibration Control**  
航空機の妥当性確認プロセスの強化と最適化に  
向けてシミュレーションの自動化を活用
- 16 SmartKai  
**Parking Assistance for Ships**  
デジタルアシストシステムによる入出渠操作
- 20 CATARC 社  
**Sound Waves in the Control Loop**  
超音波を利用したパーキングアシストシステムの  
妥当性確認
- 24 チューリッヒ工科大学  
**Back to the Future**  
Liver4Lifeの灌流装置により、ドナー肝臓の  
体外保存期間を1週間程度にまで延長
- 28 Shaanxi Automobile Group 社  
**Visionary Trucks**  
カメラとレーダーを搭載した商用車向け  
自動ブレーキシステムの開発、  
プロトタイプング、および妥当性確認
- 32 クリーブランド州立大学  
**Regenerative Power**  
歩行動作の改善に向けて、  
もう一度、義足を考える
- dSPACE 製品**
- 36 データパイプライン  
**Fueled by Data**  
自動運転におけるデータパイプラインの  
効率性および品質
- 40 SIMPHERA  
**Enter simpliCity**  
SIMPHERA – 自動運転機能の妥当性確認を  
容易かつ効率的に実行できる  
新たなウェブベースソリューション
- ビジネス**
- 48 インタビュー 韓国支社  
**Finger on the Pulse**  
韓国に新しく生まれたdSPACEグループ企業
- 50 オハイオ州立大学  
**Powerful Propulsion**  
複数の世界記録を更新する  
モーターコンセプトを実現



# Energy from the Cell



商用車における燃料電池向けコントローラ  
ソフトウェアの効率的な開発および  
妥当性確認

車両の電動化には、今なお解決すべき多くの課題があります。その1つは、長距離走行が必要な商用車にどのように電気エネルギーを継続的に供給するかという問題です。燃料電池テクノロジーを主力とするShanghai Fuel Cell Vehicle Power System社では、燃料電池ソフトウェアの開発や妥当性確認を効率的に行うために dSPACE のシミュレータを使用しています。

水素は21世紀の最もクリーンなエネルギー源とみなされています。そのため、電気エネルギーを水素から得る燃料電池テクノロジーは、自動車業界の多くの企業から未来志向のエネルギー供給方法だと考えられています。これは特に、要件が多様多岐で効率面においても基準を課せられる商用車に該当しま

す。テクノロジー企業である Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System 社（略称 Shangran Power 社）は、産業メーカーへの燃料電池システムの供給に取り組んでおり、2001年以降は出力範囲 40 kW ~ 55 kW のシステムを市場に提供しています。同社の HIL テストエンジニアであり、HIL テストで使用する燃料電池コントロー

ラや HIL システムの開発と保守を行っている Zhang Lingxia 氏は、同社の最重要目標について、「特に商用車の分野では、パワートレインの電動化に関して多くの要望があります。そのため、当社の新しい高性能燃料電池システムでは、まさに商用車に合わせて開発されたエネルギー供給ソリューションを実装したいと考えています」

画像提供：© Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System Co., Ltd.



「dSPACE のテストソリューションには非常に満足しています。このソリューションは、燃料電池の総合的な機能テストにおける当社の要件を申し分なく満たしているからです。」

Zhang Lingxia 氏、HIL テストエンジニア、Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System 社

- システムの水素消費量が極めて微量であること
- 容易に統合できる小型設計であること
- 信頼性が極めて高く、電力を安定して供給できること

#### 開発およびテストコンセプト

これらの特性を実現するには、強力なコントローラと適切な燃料電池コンセプトが組み合わされて最適な電池動作が保証されていなければなりません。そこで Shangran Power 社は、特にモバイルアプリケーション向けとして優れた特性を備えている高分子電解質燃料電池を開発するよう決断し、燃料電池ハードウェアと並行してコントローラソフトウェアも開発することにしました。その際必要になったのが、コントローラの動作方法に関する情報と、最大限に合理化された設計プロセス

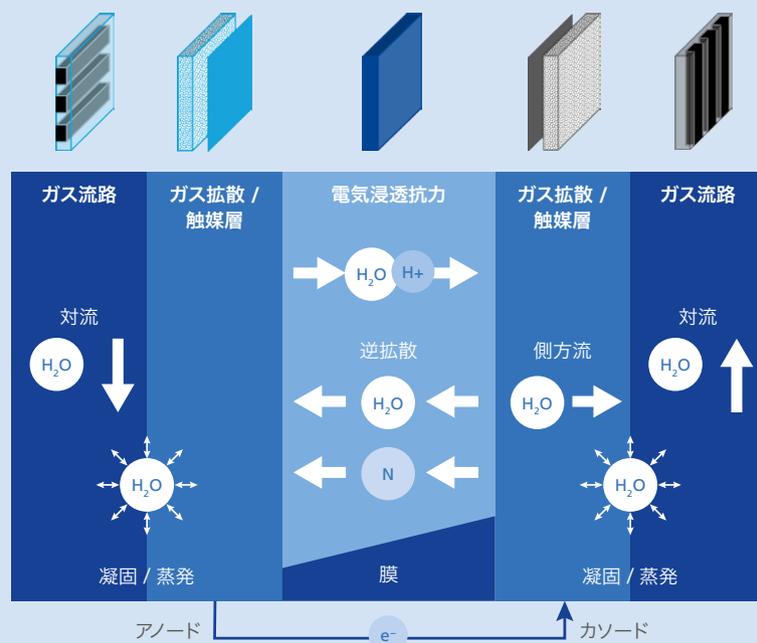
でした。同社は適切な解決策のリサーチに踏み出しました。電気および電子制御部門のマネージャである Liu Fengwei 氏は、「当社の開発者は制御アルゴリズムの新しいリビジョンの状態をテストし、それらの効果を評価したいと考えていました。また、ハードウェアを開発中だった当社は適切な開発およびテスト向けソリューションを探しているところでもありました。さらに、そのソリューションを最終的な電子制御ユニット (ECU) のリリーステストにも使用できればという思いもありました」と述べています。そして同社がシミュレーションベースの手法について dSPACE に問い合わせたところ、dSPACE が燃料電池のシミュレーションやコントローラの妥当性確認向けの一連のソリューションを取り揃えていることが判明したのです。 >>



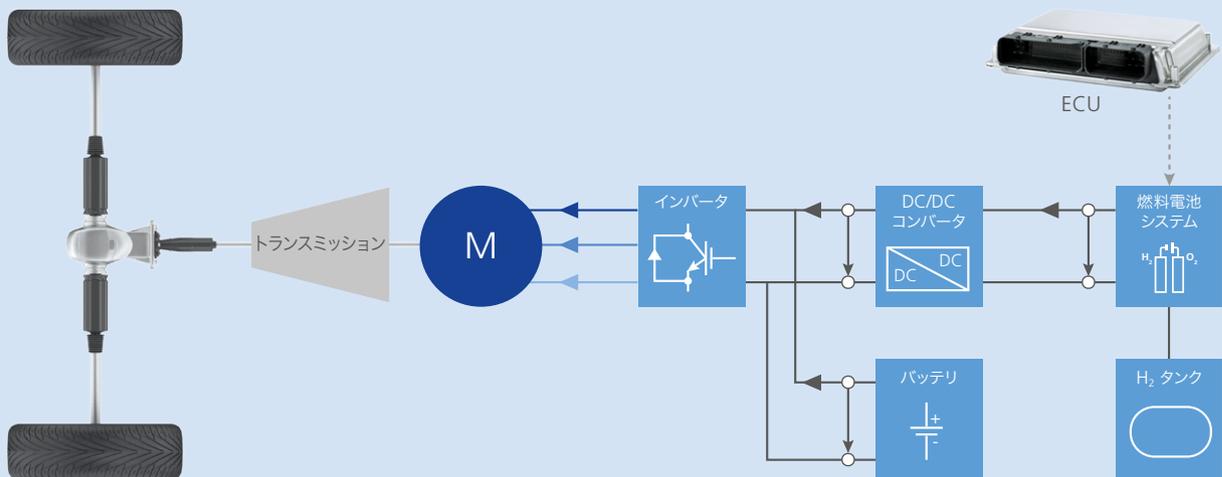
と述べています。

同社の新しい燃料電池システムは START-300E と名付けられ、次の要件を満たすよう設計されています。

- 商用車の将来における動作条件をも考慮にいれて特性が設計されていること



シミュレーションでは、燃料電池のプロセスを高精度で確認できます。



発電用燃料電池を使用したパワートレインの構造をASMでモデリング

### 仮想燃料電池イン・ザ・ループ

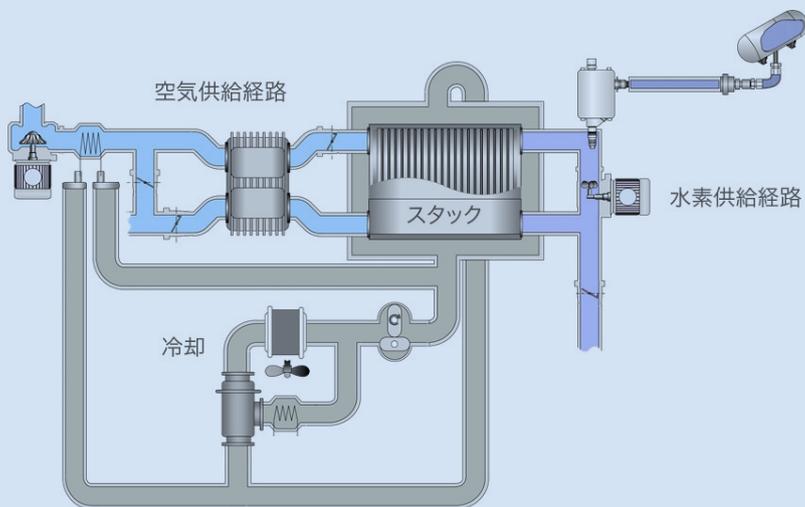
Shangran Power社は、ASM (Automotive Simulatin Models) ツールスイートを搭載したHIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータという構成でこの一連のソリューションを導入したところ、燃料電池を動力源とする車両をリアルにシミュレートできるようになりました。この仮想テストドライブでは、燃料電池や電動パワートレインの挙動を詳細に確認することも可能です。Liu Fengwei氏はシミュレーションベースの利点について、「ASMの燃料電池モデルは、電流/電圧の挙動、ガス流量、および温度分布をクローズド

ループ動作でシミュレートするためのモデル品質やリアルタイム機能に関するすべての要件を満たしています。これをHILシミュレータと組み合わせることで、妥当性確認テストを目的に応じて効果的かつ適切に行えるようになりました」と述べています。同社は高精度のシミュレーションにより、開発プロセスの早期の段階で相対湿度や窒素および水の拡散効果に関する情報を取得できるようになりました。Zhang Lingxia氏は、「早期の段階でのシミュレーションから得た調査結果を利用することで、燃料電池のアルゴリズムを最適化できます」とし、「最適化の効果は

即座に確認できるため、本当に便利です」と述べています。

### シミュレーションが成功への鍵

Shangran Power社では、4名の開発者がHILシミュレータを使用していますが、全員がテストシステムを十分使いこなすには、コミショニングを含めて約2ヶ月かかりました。もっとも現在はこのシステムは日常業務の一部として難なく活用されています。同社がHIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレータベースのASM燃料電池シミュレーションを日常的なテストとして採用するにあたっては、動作領域全体を

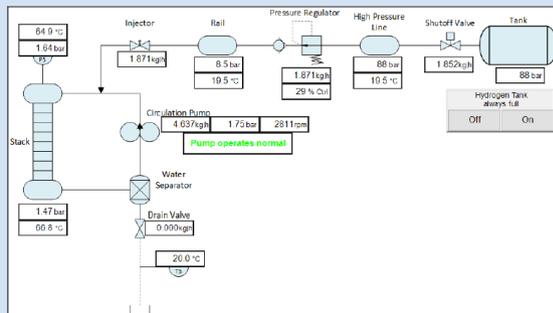


燃料電池システムのベーシックコンポーネントの概略図

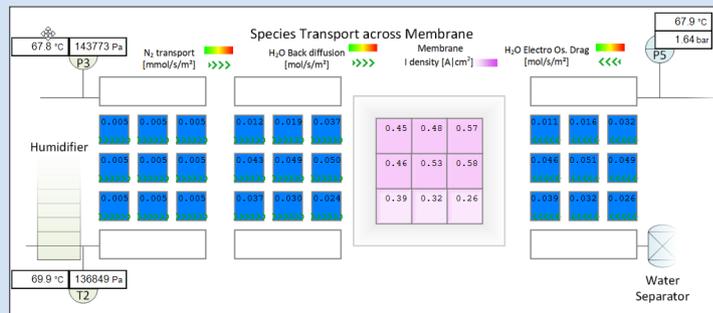
画像提供：© Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System Co., Ltd.



dSPACEのHILシミュレータを用いて開発および妥当性確認を行った燃料電池の完成画像



シミュレーションでは、仮想燃料電池の重要な変数がわかりやすく図示されます。



極めて高精度にシミュレートされたセル内の電気化学プロセスの正確なパラメータ設定および解析



「ASM の燃料電池モデルは、電流／電圧の挙動、ガス流量、および温度分布をクローズドループ動作でシミュレートするためのモデル品質やリアルタイム機能に関するすべての要件を満たしています。これを HIL シミュレータと組み合わせることで、妥当性確認テストを目的に応じて効果的かつ適切に行えるようになりました。」

Liu Fengwei 氏、電気および電子制御部門のマネージャ、Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System 社

自動的に検証する最終受入テストでこのシステムを評価する必要がありました。このテストでは、シミュレーションが全体を通じてすべての安全領域に対応しており、制御ソフトウェアで設定およびチェックされたすべての制限範囲内で動作が可能ということが確認されました。コントローラのソフトウェアログに「出力レベル違反」や

「シャットダウン条件障害」などのエラーコードがなかったことから、これは明らかでした。Zhang Lingxia 氏は実現された効果について、「HIL シミュレータを使用することにより、テストおよび妥当性確認時の効率性だけでなく、制御ソフトウェアの信頼性も大幅に向上しました」とし、「dSPACE のテストソリューションには

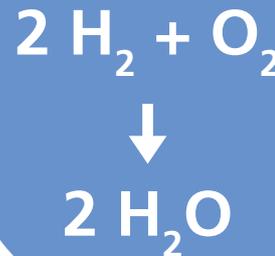
非常に満足しています。このソリューションは、燃料電池の総合的な機能テストにおける当社の要件を満たしています」と述べています。このシステムにはシミュレータハードウェアやシミュレーションモデル向けの複数の設定オプションも用意されています。また、それ以降のステップで妥当性確認を行う場合は、電氣的欠陥テストを用いることができます。同社では、強力なテストシステムを導入したことにより、商用車を電動化するために必要な信頼性の高いコンポーネントを提供できる体制が整いました。■

### Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System 社

Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System 社 (以下「Shangran Power 社」) は、国家 863 計画の電気自動車重大特別プロジェクトに沿って 2001 年に上海で設立された企業であり、同プロジェクトの製品化や産業化を実現するという目標の達成に向けて取り組んでいます。

#### 高分子電解質燃料電池

高分子電解質燃料電池は、プロトン交換膜燃料電池または固体高分子形燃料電池とも呼ばれる低温燃料電池であり、水素 (H<sub>2</sub>) と酸素 (O<sub>2</sub>) を利用して、化学エネルギーを電気エネルギーに変換するものです。電力効率率は約 60 パーセントですが、これは動作点による変動があります。通常、固体高分子膜は電解質として作用します。複数のセル (10 個～数百個) を連結していわゆるスタックを作成することで、技術的に必要な電圧を取得しています。



Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System 社のご厚意により寄稿

航空機の妥当性確認プロセスの強化と最適化に向けてシミュレーションの自動化を活用



# Active Vibration Control

アクティブ制振システムは、回転翼機の機体全体の振動を低減させますが、その構造は非常に複雑です。Hutchinson 社では、dSPACE の柔軟かつ自動化されたテストシステムを使用することにより、その複雑なシステムのさまざまな制御コンポーネントをすばやく実用化することに成功しました。

Hutchinson 社はこの数年の間に営業の重点を移行し、従来のカスタマイズ済みのコンポーネントの提供から完全統合型のシステム販売へとその姿勢を変化させてきました。この戦略転換は最終的に、同社が回転翼機のアクティブ制振システム (AVCS) のテクノロジー開発を促進する結果をもたらしました。このテクノロジーは、回転翼機のブレードに掛かる空力負荷が機体に伝わる際にパイロットや搭乗者が感じる翼通過周波数振動を減衰させるものです。AVCS は、アクチュエータへの出力信号を調整するオンボードリアルタイムコントローラ (アダプティブ制御アルゴリズム) を基に構成されており、機体に統合された複数の動力発生機 (アクチュエータ)、機体の戦略上重要な箇所に分散配置された加速度計、基準時間を提供するローター速度センサ、および振動信号を分析します。パイロットは、ヒューマンマシンインターフェース (HMI) を使用して AVCS システムを制御します。HMI には、「system failure」や「system ready」といったステータスインジケータや振動制御コマンド、さらにはパイロットが快適モードを選択するためのコマンドなどが搭載されています。また、AVCS のすべてのサブシステムは、独自設計に基づく複雑なメカトロニクス制御システムとなっています (図 1)。アクチュエータへの給電は回転翼機の主電源 (115 V) によって行われ、電気単位変換はコントローラ側で行われます。

#### 機器からシステムへ

Hutchinson 社はこのプロジェクトで初めて、複数のライン交換可能ユニット (LRU) で構成された複雑なメカトロニクスシステムを標準的な気圏環境向けに提供する

メーカーとなりました。これは同社の長い歴史における重要なマイルストーンです。同社には、航空宇宙産業向けの認定製品 (その多くは制御およびディスプレイ機器) を長期にわたり開発し、継続的に開発プロセスを向上させてきた長い実績がありましたが、複雑度という視点においては、この AVCS 向けのプロジェクトはそれらを上回るレベルであり、そしてここで同社には妥当性確認プロセスという大きな課題が立ちはだかりました。このような課題の解決にはシミュレーション環境が必要だったため、同社は多くの実績を持ち信頼性に優れた高性能なソリューションである SCALEXIO プラットフォームを採用し、プロジェクトの妥当性確認を集中的に行うことを決定しました。同社では既に、1990 年代にプロトタイプ用として dSPACE ツールを使用した経験があったため、新しい dSPACE ソリューションにも信頼がありました。同社の開発プロセスでは、システムチームが顧客窓口としてお客様の要望を確認し、インターフェース要件の仕様やインターフェース制御のドキュメントを作成し、安全分析を実施しています。同社はこの情報を用いて AVCS システムの機能アーキテクチャを設計し、ソフトウェアおよびハードウェアレベルの仕様を確立する基盤となる LRU レベルのシステム仕様に変換することで、(AVCS システム、LRU、SRU [ショップ交換ユニット] などの) テスト対象デバイスだけでなく、(システム、ソフトウェア、またはハードウェアなどの) 技術チームとの間でも、多層にわたる妥当性確認作業を実現できるようにしました。同社では、柔軟性に優れた SCALEXIO を活用することで、極めて複雑なプロジェクトを順調かつ効率的に遂行することができました。 >>

**Hutchinson 社** – 同社には航空宇宙産業および自動車業界のお客様のために、機器の提供からシステムの販売へと移行した軌跡があります。

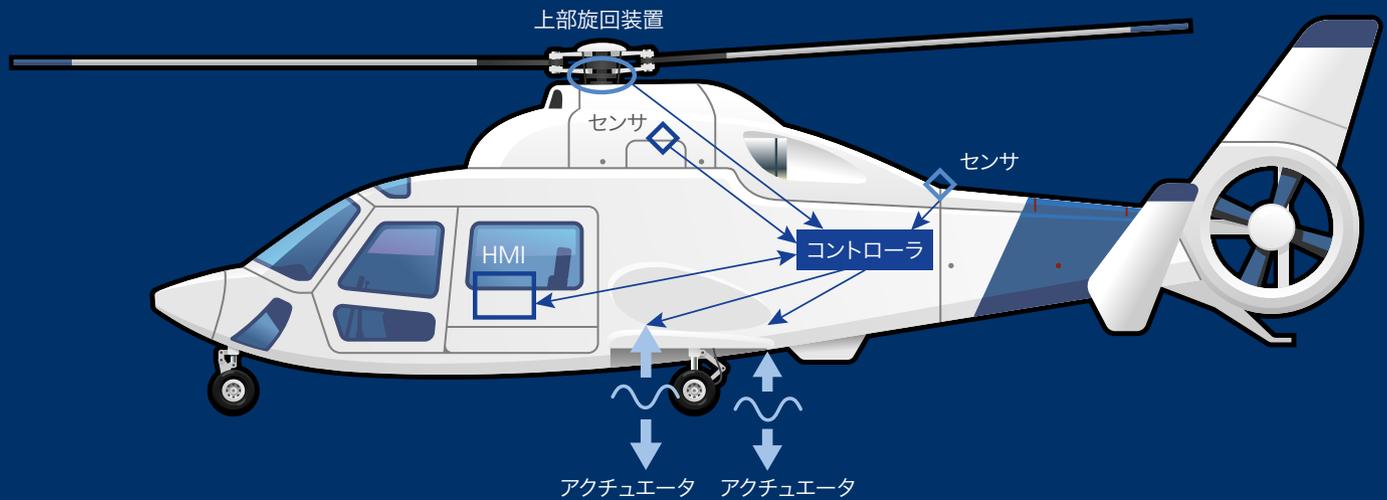


図1：AVCSテクノロジーの概要

### 妥当性確認チームとツール

航空宇宙産業では一般的に、妥当性確認専門の独立したチームを作り、そこで確認作業を行います。Hutchinson社のプロジェクトでは、主に自動車業界における組込みシステムの設計や妥当性確認の経歴を有するエンジニアで構成した学際的なR&Iチームを立ち上げました。このチームは、必要なテストベンチの設計、コントローラおよびアクチュエータの両方のLRUレベル、SRUレベル（電子ボード）、およびソフトウェアレベルでの妥当性確認を担当し、不具合の解析も行いました。ツールとしてはSCALEXIOシミュレータを2つ使用し、それらに能力の50%を割り当てました（LRUレベルのテスト向け6スロットユニット×1およびSRU/ソフトウェアレベルのテスト向け20スロットユニット×1）。また、開発チームはこのプロジェクトの

ために特別に6スロットユニットを追加で調達し、上記のプラットフォームを追加のテスト機器（中でも注目すべきは115Vの3相電源と、標準的な通信プロトコルを介してSCALEXIOシミュレータに接続した動的な外部負荷）によって補完しました。

### 最高の品質を達成

開発チームでは、妥当性確認のコストと遅延を抑えつつ高レベルの品質を達成するため、プロジェクトの早期の段階で3つの決断を下しました。

- まず、チームが重視したのは、オープンアーキテクチャベースのモジュール型テストベンチを開発し、これによってすべてのテスト要件をカバーすることでした。その目的は、(ConfigurationDesk、MATLAB®、ControlDesk、Automa-

tionDeskなどの)dSPACE環境全体で(28V電源を使用するといった)一貫した機能を設定し、それをSCALEXIOの各種設定に容易に統合できるようにすることでした。

- 開発チームは次に、既存の妥当性確認プロセスをアップデートすることにより、図2で強調表示されているような(テストレポートの自動化といった)dSPACE独自の機能を組み込みました。この機能を活用すれば、ソフトウェア、ハードウェア、およびシステムチームが特定した入力要件を妥当性確認エンジニアがチェックしてテストケースを作成し、検証および妥当性確認計画にまとめることが可能になり、その後はテスト手順を自動生成して結果をPDFファイルとしてエクスポートできるようになります。

### 列線交換ユニット (LRU) :

どの稼働位置（第一線）でもすばやく交換できるよう設計されたモジュール型のコンポーネント

### ショップ交換ユニット (SRU) :

整備ショップの技術者が交換しやすいよう設計されたモジュール型のコンポーネント



「SCALEXIO の高い柔軟性により、当社は極めて複雑なプロジェクトを順調かつ効率的に遂行することができました。」

Julien Mestres 氏、Hutchinson 社

■ さらに、開発チームは妥当性確認作業を総合的に自動化することに注力しました。妥当性確認作業の自動化は、品質（テストの再現性、人的ミスの発生率低下）、遅延の軽減（週末にわたって実行されることの多いテストの実行期間の短縮）、およびコスト（エンジニアは形式チェックなどの価値の高いタスクに注力）の面でメリットがあることが実証されました。

**システム概要**

AVCS システムは次の部品で構成されています（図 3 ～ 6）。

- アクチュエータ LRU：制御ユニットボード SRU × 1 およびパワーユニットボード SRU × 1 で構成
- コントローラ LRU × 1：制御ユニットボード SRU × 1、フィルタリングボード SRU × 1、パワーユニットボード SRU × 2 で構成

- HMI LRU × 1
- 加速度計 LRU（ハードウェアのみ）

これらの全部品のうち、HMI およびフィルタリングボードの 2 つはテストできる機能が非常に限られるため、SCALEXIO プラットフォームによる妥当性確認を行いませんでした。それ以外の LRU や SRU は SCALEXIO の汎用性で十分、テストできたので、開発チームは上述のオープンなモジュール型アーキテクチャを用いて次の 7 台のテストベンチを開発しました。

- LRU コントローラテストベンチ
- LRU アクチュエータテストベンチ
- ソフトウェア受入テストベンチ
- SRU アクチュエータ電子ボード（電源および出力制御）テストベンチ（ソフトウェア受入テストにも使用）
- SRU コントローラ電子ボード（パワーユニット）テストベンチ

- SRU コントローラ電子ボード（制御）テストベンチ
- LRU 加速度計テストベンチ

**テスト範囲**

これらのテストベンチでは主に、航空宇宙産業向けの SCALEXIO プラットフォームと同様に、アクチュエータの消費電力など、さまざまな LRU のパフォーマンスの機能テストを行うことができます。開発チームは、納入されたこれらのテストベンチをソフトウェアの非回帰テストにも使用し、その実行時間は 40 時間にも及びましたが、約 98% の自動化を実現できました。また、アクチュエータとコントローラが同一のデジタル信号プロセッサ（DSP）ベースで設計されているため、ベッドオブネイルテストベンチを 1 台追加するだけで対応が完了しました。さらに、（単体テストや統合テスト後に）初期の電子ボードや正式な >>

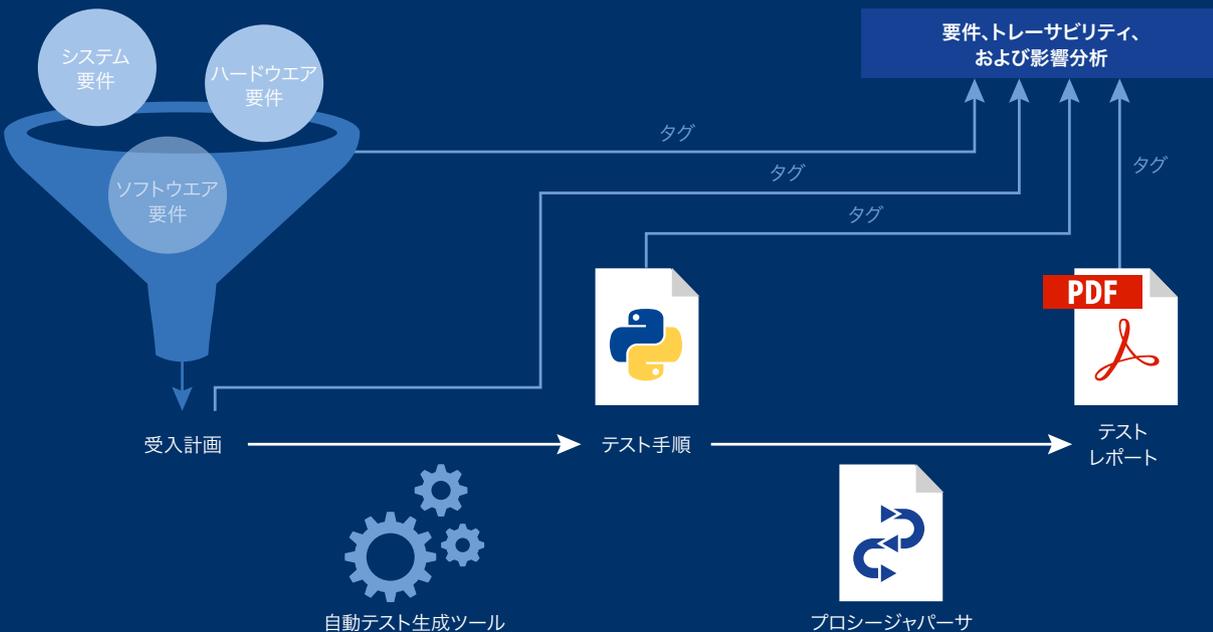


図 2：Hutchinson 社の妥当性確認プロセス

Hutchinson 社のアクティブな防音および制振システムは、キャビンの騒音（航空機で最大 20 dB）や構造振動（ヘリコプターで最大 30 dB、自動車で最大 20 dB）を低減させることができます。

設定したとしても、それをアクチュエータテストベンチの設定に再利用できることが分かりました。このような場合に強みを発揮するのが、AutomationDesk などの dSPACE ツールです。これらを使用すると、統合前に各要素を個別にテストする必要があるような複雑な構成を持った製品やシステムを適切に設定することができます（図 7）。開発チームは、テストを構造化することでその作成が容易になるよう設計された AutomationDesk を使用することで、妥当性確認の全体的な効率性を向上を成し遂げました。

#### 便利な機能

Hutchinson 社では、シリアル通信のカスタムドライバを定義できる独自の機能を持った dSPACE の設定および実装ソフトウェアである ConfigurationDesk を用いてハードウェアを設定しました。dSPACE からの正確かつ適切なサポートを背景に、同社は要件に適合したドライバのセットアップを完了。また、通信プロトコルに対しては、直接 C 言語で低レベルのチェック（メッセージの整合性、巡回冗長検査（CRC）など）を行ったうえでデータを MATLAB® モデルに供給することで、より高度な処理と他の信号との同期化を行いました。このような高度なバス解析能力は、特に LRU を統合する段階で有用でした。さらに、ConfigurationDesk にクランク/カム信号に使用できる豊富なオプションが備えられていたことも役立ちました。dSPACE では、これらの高度な機能を継続的に開発することで、自動車業界のお客様に貢献してきましたが、これは航空機にも応用できるものでした。Hutchinson 社の事例では、加速度計が捕捉する振動とアクチュエータの動力発生を同期化する際の基準としてローター速度センサを使用するため、ローター速度

リリースバージョンに対して実施する SRU の受入テストも自動化することができます。

#### テスト手順を自動化

市場投入までの時間を短縮するために重要な要素は、（システム、ハードウェア、およびソフトウェアなどの）異なる技術チームの要件に対する妥当性確認を統一されたフレームワークで行うことです。このプロジェクトにおいて、開発チームはテストベンチとテスト手順の間に予想以上に類似点が多いことに気づき、航空宇宙産業向けに同社が新たに試みてきたテスト手順の自動化をこのプロジェクトにも適用してみました。すると、これが問題解決に向けた大きな打開策となりました。この手法には、主に 2 つの利点があります。まず、妥当性確認チームの作業時間が短縮され、欠陥をより早期に発見できるようになります。これは特にソフトウェアチームにおいて顕著です。そしてここで非帰還テストの自動化が極めて有効であると実証されたことは結果的に、ソフトウェア成果物の品質向上につながりました。もう 1 つの成功要因は、テストベンチ間の類似性でした。Hutchinson 社のプロセスは能力成熟度モデル統合（CMMI）レベル 3 に基づいて評価されており、同社は仕様、アーキテクチャ、および受入テストという 3 つのステップを通じて各種の開発をテストベンチベースで行っているのですが、時間をかけてコントローラテストベンチなどの妥当性確認向けの SCALEXIO システムを



図 3：動力発生用アクチュエータ



図 4：アクティブ制振および電気ユニット



図 5：ヒューマンマシンインターフェース



図 6：アクティブ制御センサ

「AutomationDesk などの dSPACE ツールを使用すると、統合前に各要素を個別にテストする必要があるような、複雑な構成を持った製品やシステムを適切に設定することができます。」

Patrick Fayard 博士、Hutchinson 社

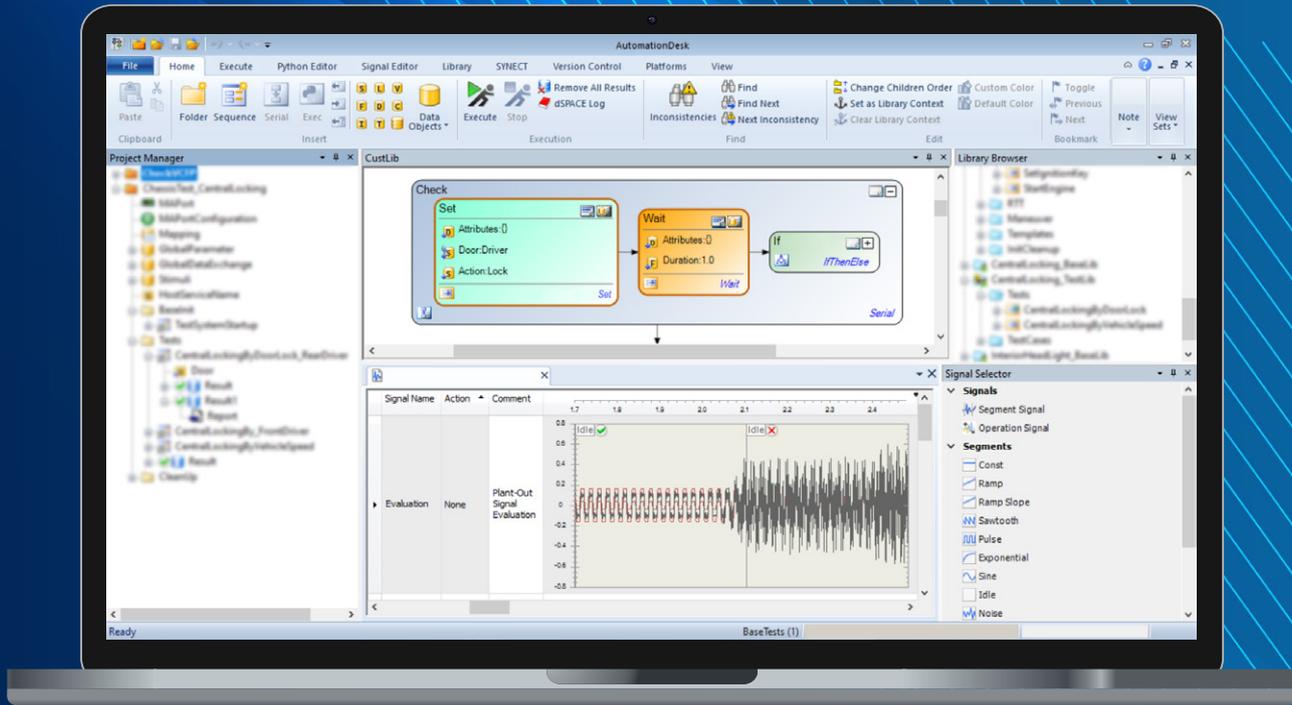


図 7 : テストオートメーションソフトウェアである AutomationDesk により、テストが大幅に効率化されました。

センサは極めて重要な役割を果たします。また当社にとっては、あらかじめ設定された各種のライブラリブロックも便利なツールとなりました。

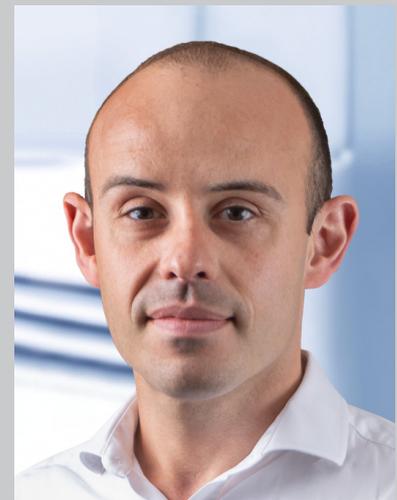
同社は現在、さらなるパフォーマンスの向上とアクチュエータの軽量化を実現する新しい世代の AVCS システムを開発中です。dSPACE ツールの優れたパフォーマンスを認識し活用した同社は現在、適切なスケジュールに沿って十分に妥当性が確認された製品を自信を持って提供できるようになっています。 ■

#### Patrick Fayard 博士

研究イノベーションセンターの検証および妥当性確認ラボマネージャ兼  
メカトロニクスシニアエキスパート、  
Hutchinson 社  
(シャレットシュルワワン、フランス)

#### Julien Mestres 氏

AVCS プロジェクトマネージャ兼  
システムエンジニア、イノベーションおよび  
メカトロニクスシステムエンジニアリングマネージャ、  
Hutchinson Aerospace Defense & Industry –  
Anti-vibrations Systems (リス、フランス)



Patrick Fayard 博士、Julien Mestres 氏、  
Hutchinson 社



SmartKai : デジタルアシストシステムによる入出渠操作

# Parking Assistance for Ships



**SmartKai** は、複数のパートナーが協力して活動するアプリケーション指向の研究開発プロジェクトであり、ドイツ連邦交通デジタルインフラ省 (BMVI) が発行する革新的港湾テクノロジー (IHATEC) に関する資金調達ガイドラインに準拠して活動しています。

- **Niedersachsen Ports GmbH und Co.KG (NPorts 社)** – ドイツ最大の港湾管理会社であり、SmartKai プロジェクトのコーディネータ。同社では、管理する港湾インフラを SmartKai の開発に利用できるよう各種の調整を行っており、事故のリスクが高い埠頭や港の水門を同システム向けに開放しています。
- **SICK 社** – 特に海洋環境向けの新しくより堅牢な LiDAR センサを同プロジェクトのために開発しています。このセンサは、広範囲に対応できるよう光波長が調整されています。
- **Humatects 社** – タブレットや拡張現実グラス、映像を利用してナビゲーションデータを容易にビジュアル表示し、船員が閲覧できるユーザインターフェースを SmartKai 向けに開発しています。
- **OFFIS** – 情報技術研究所であり、船舶の位置を捕捉する港湾向けの LiDAR センサシステムを開発しています。
- **eMIR (eMaritime Integrated Reference Platform)** – 海上アプリケーションを開発するプラットフォームです。

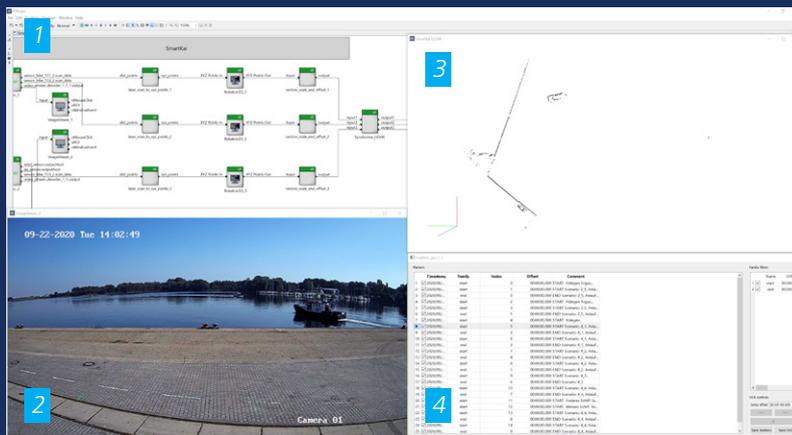
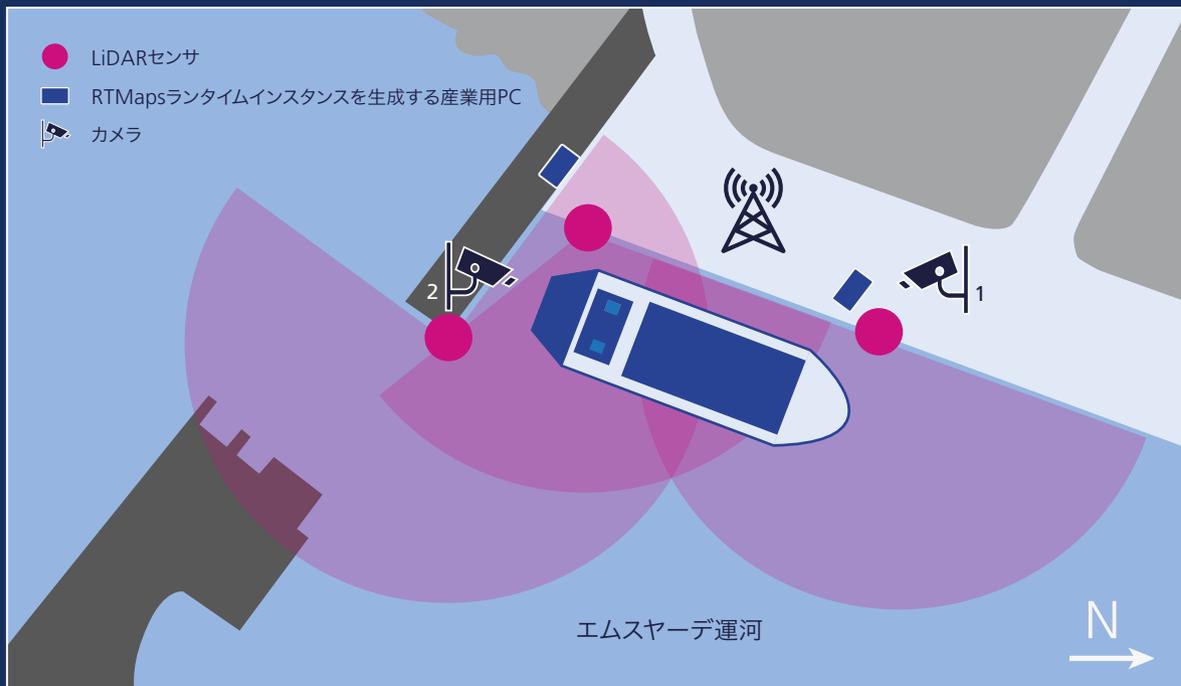
**パ**ーキングアシストは、従来は主に自動車用の機能でしたが、昨今では船舶にも同様の機能が搭載されつつあります。港湾内の狭い空間では、逆向きの海流、悪天候、船体の大型化、海上交通量の増大、過密スケジュールなどの背景から、船の操舵が困難になる場面が増えてきました。その結果、船舶と港湾施設の双方に損害をもたらす事故が繰り返され、時には人的被害が発生することもあります。SmartKai は、こうした事故の防止を目指すプロジェクトです。

#### 港の LiDAR センサで船舶を検出

SmartKai は船の「パーキングアシスト」です。SmartKai は、港湾施設に取り付けられた LiDAR センサを稼働させて、入出渠時の船舶の位置を検出し、そのデータから総合的な情報を作成して船員や舵手に送信します。これにより、船員はポータブルパイロットユニット (PPU) と呼ばれるタブレット端末さえあれば、自他の船体の位置が正確に把握できるようになり、安全な操舵が可能になります。また、事故が起きた場合にも、SmartKai を使用して >>

SmartKai は、港湾内の狭い空間での操舵によって引き起こされる被害を低減させるために開発されたデジタルアシストシステムです。このシステムでは、港に設置された LiDAR センサが各船舶の位置データを取得し、それを RTMaps ソフトウェアが処理、再び船にいる船員向けに表示します。

図1：ヴィルヘルムスハーフェンのハノーファー埠頭にある SmartKai プロトタイプの配置状況。空間的に距離のあるセンサとプロセッサ間の同期化が不可欠です。



- 1 計測データ (LiDAR、カメラ、風、AIS) を表示、処理、および同期化するためのさまざまなブロックを含むダイアグラム
- 2 カメラ 1 で撮影した埠頭のライブ画像
- 3 3 個の LiDAR センサの計測データを組み合わせて作成した埠頭の LiDAR 点群
- 4 記録されたテスト実行のリスト

図2：収集された計測値を処理およびビジュアル表示するための RTMaps インターフェース

その原因を究明することが可能です。このシステムのもう 1 つの利点は、センサやコンピューティングテクノロジーを港に常設するだけで済み、複雑かつ大規模な設備の設置が不要な点です。

#### ヴィルヘルムスハーフェンにおける最初のプロトタイプ

同プロジェクトではまず、干渉するものが一切ない、無影響の状態ですべてのシステムをテストすることが必要でした。そのため NPorts 社は、港湾区域がほぼ完全に閉ざされ、海流や潮流がほとんどないヴィルヘルムスハーフェンのハノーファー埠頭に

システムを設置しました (図 1)。この際、この検証ではプロジェクトパートナーである SICK 社が開発した 2D LiDAR センサを SmartKai の基盤として使用し、環境センサ (風データおよび視界用) と AIS 受信機も設置しました (AIS = Automatic Identification System、ナビゲーションおよびその他の船舶データをやり取りする

「当社にとって RTMaps は、センサの計測値を取得して正確にタイムスタンプ付け、同期化、処理、および転送するのに最適なソフトウェアです。」

Jan Mentjes 理学修士, OFFIS

ための国際標準化された無線システム)。また、埠頭周辺の極めて重要性の高い位置には 2 台の視覚監視用カメラを取り付けました。すべてのセンサは、埠頭の移動式ボックスに設置された 2 台の産業用 PC (IPC) に接続されており、これらの PC でセンサの計測値を収集、保存、および処理します。

### RTMaps を使用して計測値を処理

SmartKai のようなセーフティクリティカルかつタイムクリティカルなシステムでは、信頼性と処理速度の両方で高水準であることが不可欠です。これを実装するにおいて特に課題となるのは、取得した計測値に正確な時間データを割り当て、広範囲にわたる処理インスタンスを同期化することです。そのため、各種センサのデータを収集、タイムスタンプ付け、同期化、および再生する必要があるようなシナリオ向けに開発された RTMaps ソフトウェア (リアルタイムマルチセンサアプリケーション) はまさに適材でした。SmartKai プロジェクトでは、発生したさまざまな課題に対し、各産業用 PC で RTMaps ランタイムインスタンスを生成して対応します。また、すべての RTMaps インスタンスを相互に同期化することで、システムのリアルタイム機能を保証します。同プロジェクトのもう 1 つの主な目的は、すべての受信データを常時保存して、それらをシステムのさらなる開発や評価に活用することでした。最終的にこのプロジェクトは 1 年以上稼働して豊富な LiDAR、カメラ、AIS、および風データを収集するに至り、さらにこうしたデータは開発チームによって RTMaps 上で同期再生されました。

### 広範なシナリオを幅広くテスト

2020 年 9 月、ヴィルヘルムスハーフェンに設置した同システムに対し、20 以上のシナリオを使用した初のフィールドテストが 3 日間にわたって行われました。このテストで重点が置かれたのは、舵手が求める要件に加え、国際海事機関 (IMO) が発行している規制です。なお、Josephine 号 (OFFIS e.V. 所有) を調査用ボートとして、Argus 号 (NPorts) を調査船として使用しました (図 3)。RTMaps は、センサの計測値を保存して適切にアノテーションしたうえで、今後のシステム開発に活用できるよう、シナリオの開始および終了時のデータだけでなく、通過する船舶などのあらゆる問題や事象の詳細を EventMarker 形式で保存。このようなテストを経て、同システムは 2020/2021 年の冬および 2021 年の夏を通して稼働を続けました。この間に行われた、厳しい天候条件下での入渠操作は、LiDAR の計測値に与える影響を確認できるため、特に重要な指標となりました。RTMaps は、テストフェーズ全体を通じてデータを継続的に取得、タイムスタンプ付け、および保存しました。

### 2021 年にテストを完了

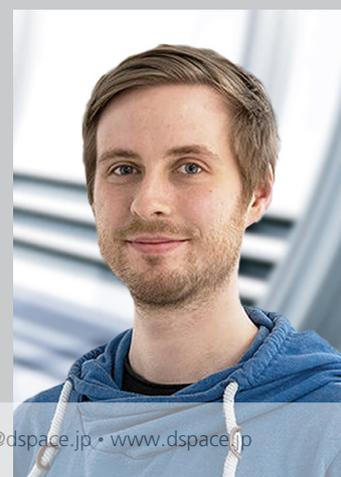
このプロジェクトは 3 か年計画であり (プロジェクト終了は 2022 年 11 月)、次のステップでは別のシステムをクックスハーフェンのヨーロッパ埠頭に設置する予定です。そこでは、海流や天候の影響を視野に入れ、それらによって入渠が困難になるメカニズムを解明することに重点を置きます。そのため、長さ 300 メートルという広い埠頭区域に対応するべく、同システムにさらに 7 個の LiDAR センサを追加しました。このシステムを全体的に検証・評価するのは、2021 年の末、クックスハーフェンで計画されているテストプロジェクトが初回になりそうです。■

図 3: ヴィルヘルムスハーフェンでテストを実行する調査用ボート Josephine 号 (OFFIS e.V. 所有) と調査船 Argus 号 (NPorts)



© Axel Hahn 2020; eMIR (<http://emaritime.de>)  
OFFIS Institute for Information Technology

Jan Mentjes 理学修士, OFFIS  
研究所運輸部門の研究員, OFFIS e.V. –  
Institute for Information Technology  
(ドイツ)



超音波を利用したパーキングアシスト  
システムの妥当性確認

# Sound Waves in the Control Loop

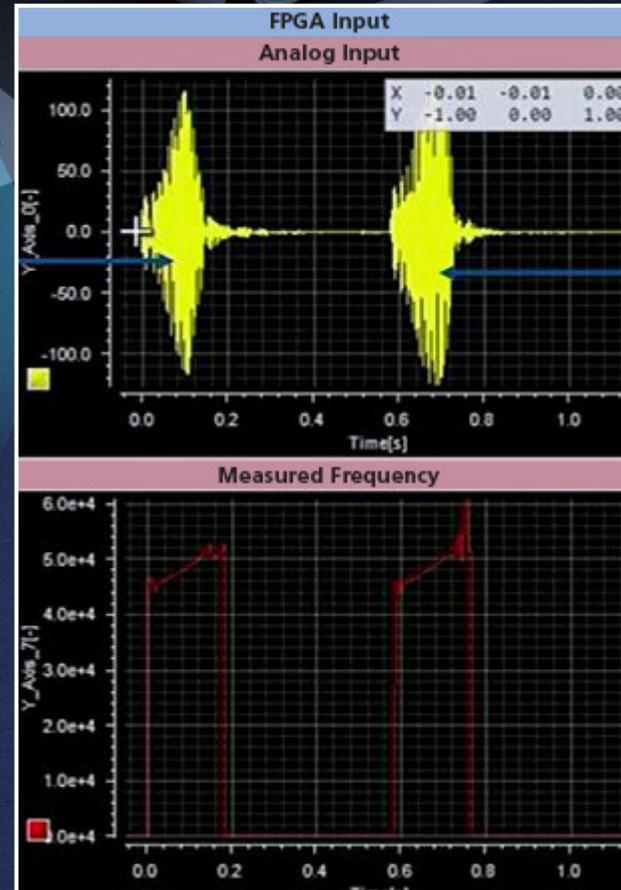
超音波センサはパーキングアシストシステム分野で重要な役割を果たしています。CATARC 社では、dSPACE のシミュレータを使用して、超音波を搭載したシステムの妥当性を確認するサービスを提供しています。

**道** 路利用者、特に初心者ドライバーにとって最大の難題の1つが駐車です。狭い駐車スペースに収まるよう車体を操作するのは、時にもどかしく、手間がかかるでしょう。このような時にすべての駐車プロセスを代行してくれるのがパーキングアシストシステムです。これはドライバーの負担を大きく軽減します。パーキングアシストシステムでは、デジタルアシスト機能のオートメーションのレベルに応じて、車両の操作の一部を代行したり、時には操作すべてを行います。アシストシステムは車両の周辺状況を検出しつつ、ブレーキ、駆動、およびステアリングのアクチュエータを制御します。

## 近接エリア監視により駐車手順を決定

この検出機能には、車両を直接取り囲む領域である「近接エリア」を監視するセンサ（一般的には超音波センサ）が搭載されています。これらは、短い高周波音のインパルスを周期的に発して環境からの反射波を受信する変位センサとして機能し、センサから物体までの距離を計測するものです。距離は、インパルスの発信から受信までの時間差に基づいて計算されます。ただし一部、最新バージョンの近接エリア監視にはセンサ間の協調を重視して距離を計測するモデルもありますが超音波センサなどの各種センサはそれ自体が比較的曖昧な、「ノイズの多い」データです。

そのため、周辺状況を確実に把握するには、受信結果を他のセンサの結果と比較することが重要です。自動運転車両の自動化が進むにしたがい、こうした各種センサの結果を記録することはますます重要になってきます。衝突が起きる可能性が高い駐車操作にこのようなシステムを活用するには、車両の認証の前段階で、幅広い妥当性確認テストを行っておく必要があります。



センサのチャープとシミュレートされた反射

### テスト時に最大限の柔軟性を実現

しかし、テストドライブだけでは、すべての妥当性確認を行うことはできません。なぜなら、さまざまなテストケースを一一衝突も含めて一一評価する必要があるためです。また、アシストシステムの動作の調整も必要です。このような場合、シミュレーションベースのプロセスを使用すると、さまざまなバリエーションのテストを柔軟に行うことができます。ただし、このプロセスでは、合理的な環境データを準備すると同時に、センサやアシストシステムにステミュラス信号を入力することも必要になります。

### テストシステムの選択基準

CATARC 社は、主に各自動車メーカーが中国市場向け車両への導入を目指す多様なパーキングアシストシステムに関して、妥当性確認サービスや認定サービスを専門的に提供するテクノロジー企業です。パーキングアシストシステムの構造は多岐に

わたるため、それをテストするシステムには特別な要件が求められます。

- **柔軟性**：必要なすべてのインターフェースを提供し、対応する信号を適切に関連付けられること
- **自動化**：各種のテストケースとそのパラメータを容易に作成し、複製可能な方法で適用できること
- **可用性**：常時稼働させることで、大量のテストを実行できること
- **レポート**：個々のパーキングアシストシステムの詳細なテストレポートを提供できること
- **経済効率**：高い柔軟性を持ちながらも、導入から保守に至るまで高い費用対効果で運用できること

CATARC 社は、これらの要件に照らし合わせて現在、市販されているテストシステムを徹底的に調査しました。

### パーキング専門技術者向けのテストシステム

CATARC 社が多くのテストシステムを評価したうえで選択したのが、dSPACE のソリューションでした。dSPACE のソリューションなら、HIL シミュレータでテストソフトウェアを実行するため、超音波センサやカメラセンサを制御ループに容易に組み込むことができます。

シミュレーションによる統合：同社では、無線 (OTA) ベースの超音波センサ (USS) を採用しました。これにより、車両の超音波センサをセンサボックスに収納し、シミュレータから受信した信号や必要な動作電圧をセンサに供給することが可能になります。また、リフレクタは各超音波センサの向かいに配置され、シミュレータにも接続されます。リフレクタは超音波センサから信号を受信し、シミュレーションから算出した距離に基づき、遅延を伴って

&gt;&gt;



それらを返送します。このように、超音波センサへのスティミュラス信号の入力は完全にシミュレーションベースで行われ、アシストシステムには算出した距離の信号が送られることになります。同社ではこの方法を 100 パーセントベースとして、超音波センサのみで構成されたパーキングアシストシステムのテストおよび妥当性確認を行いました。

**生データの注入：**HIL シミュレータは、カメラセンサを搭載したパーキングアシストシステムにも使用することができます。これらのセンサはパノラマビューに対応した設計であり、180°を超える検出角度を備えています。そのため、フラットなモニターにセンサデータを表示する無線ベースの

アプローチには適していません。そこで同社は dSPACE の環境センサインターフェイス (ESI) ユニットを使用して、シミュレーションデータを直接センサに注入しました。これにより、センサの生データを準備して、カメラのイメージチップの後部に直接注入することが可能になり、センサのすべての処理工程に対応しながら妥当性確認を行えるようになりました。つまり、センサへのスティミュラス信号の入力やデータの送信に必要なセンサデータを、シミュレーション環境から取得し、同時に注入できるということです。

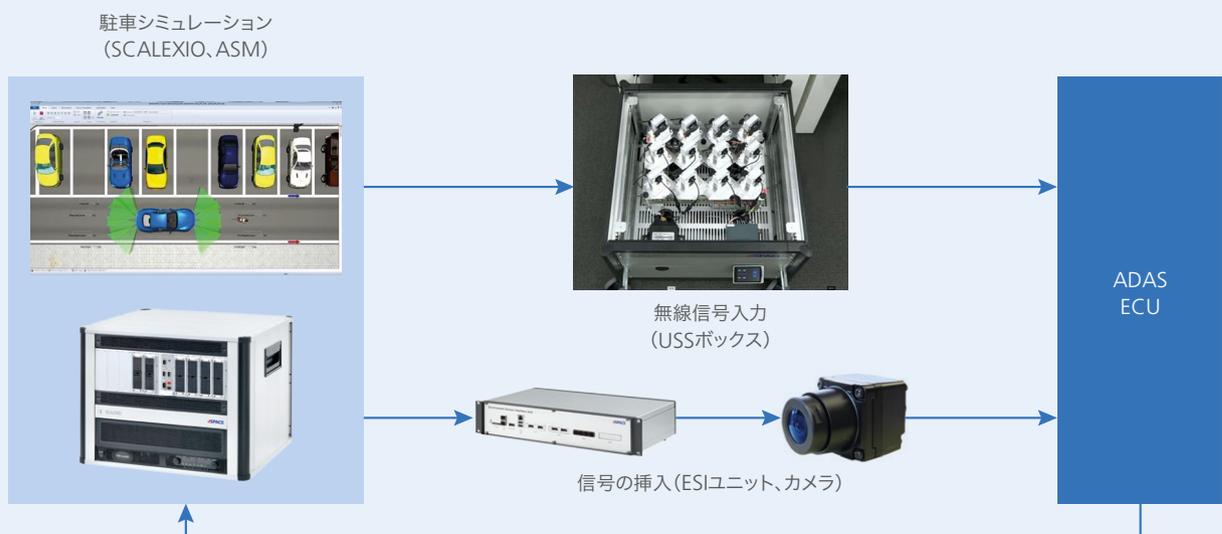
**ミスからの学び：仮想的に衝突を起こすことが可能**

同社では、センサに関連するすべての

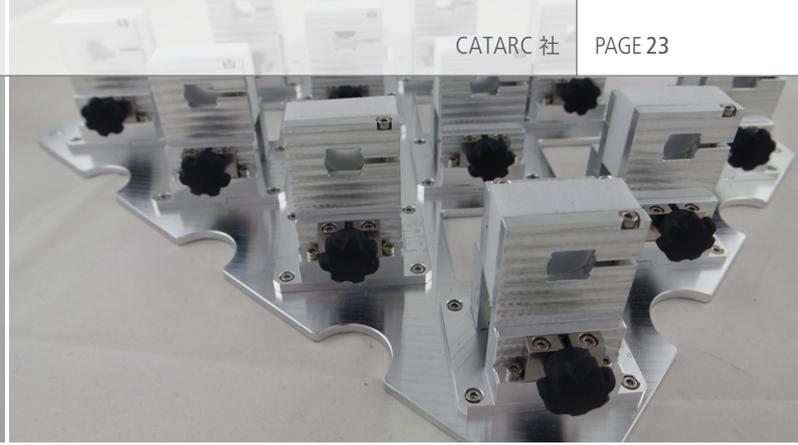
データを ASM (Automotive Simulation Models) ツールスイートで構築された道路交通シミュレーション環境から取得しました。ASM では、任意の数のシナリオを対話形式で作成し、現実的にシミュレートすることができます。パーキングアシストシステム向けには、駐車場、駐車スペース、または市街地での駐車シーンで構成されたシナリオを必要に応じて構成することが可能です。また、駐車する際に検出すべき歩行者などの道路利用者や障害物をシミュレートしたり、センサの位置を容易に調整したりすることもできます。さらに、GUI を使用すれば、仮想テスト車両の内部を視点とした位置を直感的に割り当てることも可能です。各種のテストはあらかじめ設定されており、自動的に実行できます。

「dSPACE のシミュレータは柔軟で、かつ自動化されているので、当社の中国市場向けパーキングアシストシステムの開発および認定において重要な役割を果たしています。」

Quanzhou Liu 氏, CATARC 社



パーキングアシストシステムの妥当性確認に使用されるシミュレータの構成



「ASM ツールスイートで構成された dSPACE シミュレーションモデルにより、任意の数のシナリオを直感的に作成し、現実的にシミュレートすることができます。」

Zhanqi Li 氏, CATARC 社

テストの際は、特に重要な仮想的な衝突の時点まで、いつでも距離や速度などのテストパラメータを変更できます。このように、同社のテストエンジニアは多数のテストケースを生成したりパラメータを変更したりすることで、広いテストカバレッジを確保するに至りました。また、HIL シミュレータではテストドライブ中に記録したセンサデータを再生することもでき、これらのデータは、シミュレーションデータとまったく同様にセンサボックスや ESI ユニットを介して USS およびカメラに供給することも可能でした。

#### テストからの貴重な発見

CATARC 社では、このようなテストシステムを使用することで、新機能をすばやくテストし、コントローラ全体の妥当性を確認できただけでなく、シミュレーションを通じて実際の最小距離や最大距離といったシステムの限界を早期の段階で評価することも成功しました。なかでも、テスト

ドライブ中に検出および記録されたあらゆる異常を繰り返し再現できる機能は特に有益でした。同社では、自社の幅広いサービスに合わせて dSPACE のテストソリューションを適切に調整し柔軟に活用することで、さまざまなメーカーの超音波センサや ECU を容易に統合できるようになりました。同社では現在、ほんのわずかなパラメータを調整するだけで各種の統合を行うことができます。現在は同社の 30 名のチームがこのシミュレータを使用していますが、効果的に使いこなすためには約 3 週間のトレーニングが必要です。同社は、このテストシステムを日々のテスト業務で活用しており、特にパーキングを含む自動運転の分野では、実車によるテストドライブでの機能確認の前に、それらの安全性をシミュレータで確認しています。これが可能なのは、dSPACE から提供されるシミュレーションツールを使用して危険なシナリオを幅広く現実に即してシミュレートしているからです。dSPACE の

ツールを使用すると、センサや ECU から実際の運転に至るまでのさまざまな対象の妥当性確認をエンドトゥエンドで行えるため、テストのすばやい実施と合理的な妥当性確認が可能になります。

#### さらなるテストでさらなる技術革新を実現

パーキングアシストシステムの開発は急ピッチで進んでいます。そして、i 車両と周辺環境との間の通信システム (V2X) の統合が進む中、新しいセンサの重要性はこれまで以上に増えています。CATARC 社では今後、テストシステムに V2X の妥当性確認機能を追加し、レーダーセンサにテスト要件を追加する予定です。さらに、既に他の業務で活用している dSPACE のレーダーテストベンチの統合も検討しています。■

Quanzhou Liu 氏, Zhanqi Li 氏,  
Pengfei Jia 氏, CATARC 社

Quanzhou Liu 氏

電子制御開発部門の責任者、  
CATARC 社 (中国)



Zhanqi Li 氏

シミュレーション開発およびシステム  
検証グループのシニアマネージャ、  
CATARC 社 (中国)



Pengfei Jia 氏

シミュレーション開発およびシステム  
検証グループのエンジニア、  
CATARC 社 (中国)



Liver4Life の灌流装置により、ドナー肝臓の体外保存期間を  
1 週間程度にまで延長

# Back to the Future

チューリッヒ工科大学およびチューリッヒ大学病院の学際的な研究者グループでは、Wyss Zurich からの資金援助により、さまざまな生体機能のシミュレーションを行っています。このなかで、当グループは人体から摘出されたドナー肝の寿命を大幅に延長する装置を開発しました。その装置の中心的な制御タスクを担っているのが dSPACE の MicroLabBox です。

**肝** 臓移植の需要は臓器提供数が追いつかないほど、年々大幅な高まりを見せています。患者が効果的な延命を受けるためには肝臓移植の成功が不可欠になります。それはつまり、ドナー肝が提供された場合は、それらのすべてを最適に使用することが重要ということです。肝臓や部分肝が健康であるほど、患者が通常の生活を取り戻せる確率は上昇します。また、ドナー肝の体外保存期間を延長できれば、その可能性はさらに高まります。ここで紹介する新しい灌流装置は、まさにこの目的のために開発されました。

## 時間との闘い

現在、市場に売られている灌流装置では、移植用ドナー肝の保存可能期間は最長で 24 時間です。そこで、外科医、エンジニア、および生物学者たちが構成された学際的な研究者チームが、この期間を理想である 1 週間程度にまで延長するため、Liver4Life プロジェクトを立ち上げ、2015 年の半ばにその一環として革新的な灌流装置の開発を行いました。多くの生体機能に近いものを実装したこの装置では、生体内の条件に可能な限り近似した環境をドナー肝に提供できるため、肝臓の体外保存期間を 1 週間程度にまで延長でき、保存条件も大幅に改善することができます。この技術は、移植の将来において次のような新たな展望を切り開きます。

- 計測データに基づいてドナー肝の性質を確実に評価
- 損傷歴のある肝臓の質を向上
- 将来的な肝臓組織の再生に寄与
- 臓器の自己提供を実現

この技術が発展すると、最終的には入手したドナー肝の使用効率が大幅に向上し、(自己臓器提供の場合には) そもそもドナー肝の必要性すらなくなるのです。

## 灌流とは？

臓器向けの人工循環装置



### 生理機能をロールモデルとして再現

これまで、肝臓を体外で保存する場合、それを氷で冷却し代謝プロセスを最小限に抑えるという方法（静的冷却保存）が一般的でした。ただし、ドナー肝のすべての生化学的プロセスを、まだ体内にあるかのように継続させることができなければ、前述の目的を達成することはできません。そのためエンジニア達は、肝臓の代謝機能を医学的視点から詳細に定義し、装置に要件を実装しました。彼らは、糖代謝制御、溶血（赤血球の崩壊）の防止、老廃物の排泄、灌流液（臓器の人工灌流に使用する液体、この場合は血液）による酸素供給の管理、および横隔膜運動の模倣の5項目を、長期間の灌流のために特に重要な機能として特定しました（図1）。

### 肝臓の新たな生存環境

人間の体内では、2本の血管を通して肝臓に栄養が送られますが、この2本の血管内で血圧や血中酸素、ホルモン、および栄養の割合が異なります。Liver4Lifeの灌流装置では、これらをすべて体外で管理します。ドナー肝を装置につなぐと、栄養素、神経伝達物質、および酸素が供給の標準量に基づいて送り込まれるだけでなく、それぞれの肝臓の状況に応じて供給量が調整されるのです。また通常、肝代謝によって産生される老廃物は、透析によって、または胆汁として排出されますが、Liver4Lifeでは肝臓から出る液体は、灌流装置に戻されます。そして、肝臓が「居心地よく」感じているかを確認するため、

装置内の一連のセンサからデータが送信され、これに基づいて各種アクチュエータが肝臓への供給量を再度調節します。肝臓の状態はセンサによって常にモニタリングされているということです。さらに、肝臓は実際の横隔膜の動きを再現する人工横隔膜によって、圧迫壊死（持続的な圧力の結果として起きる組織死）から保護されます。しかし一方で、このような統合的なセットアップを実現するには、さまざまなサブ回路が必要であり、さらにそれらはすべて、間違いなく適合されていなければなりませんでした（図2）。 >>



「MicroLabBoxは、センサとアクチュエータ間の相互連携を制御することで、さまざまな臓器の動きを模倣しそれらを連動させます。つまり、脳の機能を肩代わりしているのです。」

チューリッヒ工科大学、Wyss Zurich（チューリッヒ、スイス）のDustin Becker博士は、学位論文の一環として本システムの開発を支援しました。装置に医学的要件を実装する作業を担当しています。

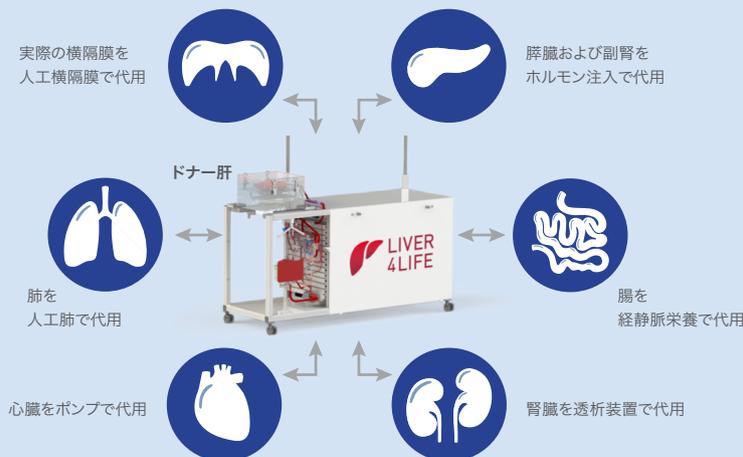


図1：ドナー肝の代謝プロセスを維持するため、灌流装置によってさまざまな臓器の機能を模倣する必要があります。

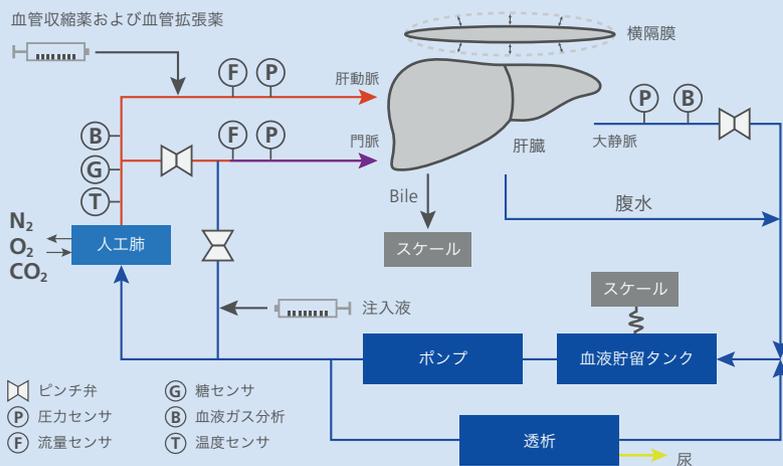


図2：灌流装置の簡略図

### 単一の制御ユニットで複数の機能に対応

チューリッヒ工科大学では、必要な脳機能をシミュレートするための制御ユニットとしてMicroLabBoxを利用しています。同大学ではこの装置を自動車開発の分野で使用していたため、既に豊富な使用経験がありました。MicroLabBoxは、センサおよびアクチュエータ間の通信用I/Oインターフェースとしてだけでなく、中央演算処理装置としても機能し、卓越した柔軟性と処理能力を持っていました(図3)。また、MicroLabBoxでの作業はdSPACEの試験ソフトウェアであるControlDeskによってサポートされるため、動作中のリアルタイムアプリケーションにアクセスすることも可能です。そのためエンジニア達がドナー臓器を灌流装置につないだ際に肝臓の供給量パラメータをモニタリングし、能動的にパラメータに影響を与えることもできました。

### 再現性の向上により肝臓の質を向上

この灌流装置を使用すると、人間の体外でドナー肝の代謝機能を維持できる可能性が大幅に広がります(表1)。では、こうした有望な結果の次に来るステップは何でしょうか。今後必要なのは、臨床研究を行って、状態の悪い肝臓でも灌流プロセスを経た後であれば移植可能な状態に戻せるかどうかを検証することです。灌流装置で測定した代謝データを用いれば、臓器の質を正確に評価することができます。長期的な展望としては、肝臓の並外れた自己再生能力を利用して、1つのドナー肝で一度に複数の患者を救えるようになる可能性もあります。また、たとえばがん患者の場合、肝臓の健全な部位を取り出して

「生死の境目に、『最良の』結果はありません。ドナー肝移植の可否は、信頼に足る確立された手法で判断しなければなりません。MicroLabBoxによってサポートされたこの灌流装置なら、その判断が可能です。」

Dilmurodjon Eshmuminov 医学博士、チューリッヒ大学病院(チューリッヒ、スイス)内臓移植外科は、プロジェクトチームに医学の専門知識を提供しており、医学的要件の定義を担当しています。



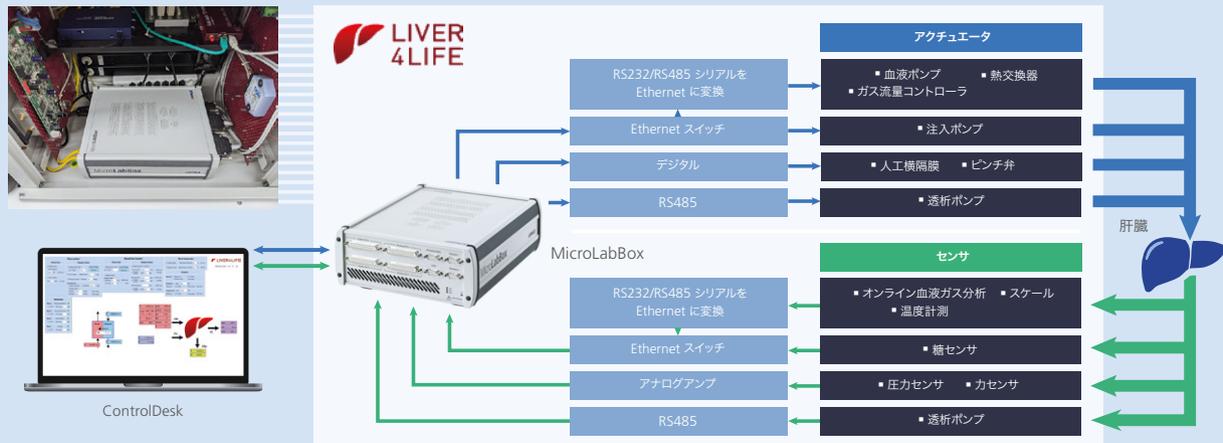


図3：灌流装置の「脳」として機能する MicroLabBox

表 1：市販の灌流装置が提供する肝機能のモニタリングおよび制御機能と Liver4Life との比較

Liver4Life 装置で再生させて再移植すれば、病変臓器を置換できるかもしれません。これが可能になれば、患者の生命を救うだけでなく、新しい臓器を体内に入れることによる拒否反応が回避されるため、患者が残りの生涯にわたって薬を服用する必要もなくなります。このケースなら、ドナー肝はもはや不要です。新しい灌流装置は、質の高いドナー肝のより良い活用法となるだけでなく、提供された臓器の状態が悪い場合でもより多くの生命を救うことができる装置として、新たな希望的となっています。

デバイス/機能	タスク	詳細	一般的な灌流装置	Liver4Life 長期灌流システム
肝臓チャンバ	安全な肝臓の保存		X	X
ポンプ	門脈の連続流		X <sup>1)</sup>	X
	肝動脈の拍動流		X <sup>1)</sup>	X
圧力および流量センサ	圧力および流量の連続モニタリング	肝動脈	X	X
		門脈	X	X
		大静脈	X	X
人工肺	人工肺に対して O <sub>2</sub> 、N <sub>2</sub> 、および CO <sub>2</sub> ガスを個別供給することで pH を制御	ガス供給	X	X
		熱交換器	X	X
		ガスを個別供給することで血液内の pH を制御		X
血液ガス分析	長期灌流時の血液ガスおよび他の重要パラメータのモニタリング	肝動脈	X	X
		門脈		X
		大静脈		X
門脈における生理的酸化	過酸化の防止と血管収縮、門脈における生理的飽和度の低下			X
オンライン糖センサ	糖のリアルタイムモニタリング			X
フィードバック制御されたインスリン/グルカゴン注入	あらかじめ設定された制限範囲内での血糖値の自動修正			X
フィードバック制御された透析システム	代謝廃棄物の除去、酸塩基バランス、ナトリウムと電解質の制御、ヘマトクリット制御			X
横隔膜の模倣	肝臓の圧迫壊死を防止するための運動			X
血管作動性物質、インスリン、およびグルカゴンへの反応の継続的な評価	継続的な生存能評価			X

<sup>1)</sup> 従来装置における流量や圧力の波形およびパルス形状は不明です。



左側：未処置の肝臓  
右側：Liver4Life 灌流装置を使用した肝臓

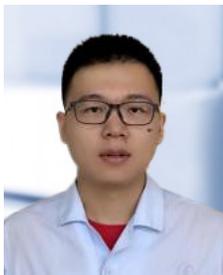
チューリッヒ工科大学、チューリッヒ大学病院、および Wyss Zurich 研究所のご厚意により寄稿



# Visionary Trucks

カメラとレーダーを搭載した商用車向け自動ブレーキシステムの開発、  
プロトタイピング、および妥当性確認

Shaanxi Automobile Group 社では、お客様に最高水準の安全を提供するため、車両にカメラ、レーダー、および自動緊急ブレーキシステムを搭載しています。同社が利用しているのは、dSPACE グループの Intempora 社が提供するマルチセンサアプリケーションの開発および実行環境である RTMaps。効率的なソフトウェア開発を実現しています。



「RTMaps を使用すると、大規模で複雑なセンサデータを制御しシンプルかつ同期的な手法で扱えるため、アルゴリズムの開発および妥当性確認を効率的に実行できます。」

Junjie Bai 氏、Shaanxi Automobile Group 社

**市** 街地であろうと田舎道であろうと、トラックドライバーは常に歩行者や自転車を警戒し、交通、信号機、道路標識に目を配る必要があります。しかしどんなに慎重なドライバーでも、重さ数トンにもなる商用車の大きな死角と長い制動距離は楽なものではありません。こうした際に交通事故を減らしドライバーやその他の道路利用者を守る上で重要な役割を果たすのが運転支援システムです。このシステムは衝突が迫っていることをドライバーに知らせ、ドライバーが反応できない場合は自動的に緊急ブレーキを発動させます。

### 信頼性の高いアルゴリズムで車両の安全を実現

Shaanxi Automobile Group 社の電気制御部門の責任者である Yiran Zhang 氏は、「当社は、中国のインテリジェントな商用コネクテッドカー分野でさらに業界をリードする立場となることを目指し、自動緊急ブレーキシステム (AEBS) の開発を推進しています。

当社の目標は、各種の対象を誤認識することなく高い確率で識別できる安全性と信頼性に優れた AEBS アルゴリズムを

開発し、それを幅広い量産車両に導入することです」と述べています。そしてこのような AEBS に必要となるのが、インテリジェントなカメラやミリ波レーダーを備えた制御ユニットの実装です。

### マルチセンサデータの課題

同社の開発者はプロジェクト当初、ECU に実装されたアルゴリズムのテストにセンサから記録した CAN メッセージを使用していましたが、テストデータが複雑化したり詳細な分析が必要なコーナーケースが増加したりしたため、この手法ではすぐに対応できなくなりました。そのため、開発者は強力なテストを行える環境の導入に必要な要件を整理しました。

- 正確で時間相関のあるデータフュージョンを確実に実行する、すべてのセンサデータの同期再生
- フュージョンと検出アルゴリズムの出力の素早い確認を可能にするテストシナリオと録画映像の同期ビジュアル表示
- 大規模なデータプールから必要な関連テストデータを容易に抽出できること
- 大量のデータの効率的な処理

### 複雑さへの対応

Shaanxi Automobile Group 社では、上記のすべての課題を満たしているだけでなく、先進的かつ複雑なソフトウェア機能の設計や妥当性確認にも適している、RTMaps というマルチセンサアプリケーション向け開発および実行環境を導入しました。

認知アルゴリズムの開発者である Junjie Bai 氏は、「RTMaps を使用し始めたところ、当初の手法とは雲泥の差が出ました。RTMaps を利用すると、多岐にわたる複雑なセンサデータを制御し、弊社独自のアルゴリズムの開発と妥当性確認に同期させることができます」と述べています。

同社の開発者はまず、計測走行時に RTMaps を使用して大量のセンサデータを同期的に記録しました。これには、ウェブカメラのオリジナル動画、マイクの音声信号、インテリジェントカメラのターゲットリスト、および CAN メッセージ形式のミリ波レーダーが含まれます。

開発者は次に、RTMaps のグラフィカルな開発環境に AEBS アルゴリズムを組み込み、記録されたデータと組み合わせ動作させました。 >>



Shaanxi Automobile Group 社の製品ラインの多くのトラックプラットフォームには、自動緊急ブレーキシステムが搭載されています。



### 自動緊急ブレーキシステム (AEBS)

前方の低速走行車両や静止車両との衝突が迫っていることをドライバーに知らせるブレーキ。また、必要な場合にはブレーキをかけて衝突を防止したり、接触速度を低下させたりします。

### Shaanxi Automobile Group 社

約 13,000 人の従業員を擁する中華人民共和国で最大の企業の 1 つであり、トラックを製造しています。本社は陝西省の西安にあります。

### 効率性の高いワークフローを RTMaps で実現

Junjie Bai 氏は、「RTMaps では、生データでも CAN メッセージでも実際のセンサデータをすばやく再生し、どの時点からでも再生し始めることができます。これはフュージョンおよび認知アルゴリズムを開発する場合に特に有用です」と述べています。

また開発チームも、RTMaps は使いやすくワークフローも効率的になると報告しています。たとえば、同社のアルゴリズムでは、CAN バスで取得したオリジナルセンサメッセージとその他のセンサ信号が重要な変数となるのですが、RTMaps では AEBS アルゴリズムの入力信号を選択することができます。また、車両内の警報を音声信号で再現しながら、オリジナル動画に基づいてそれぞれの運転状況をビジュアル表示してチェックすることが可能です。Junjie Bai 氏は、「このように、運転中に

起きた状況のあらゆる側面が記録され、開発者はそれをいつでも詳察できるので」と述べています。さらに、RTMaps にパラメータを追加すれば、アルゴリズムを適合および最適化することもできます。特定の状況やいわゆるコーナーケースでの挙動を確認するテストケースのような、特に重要なセンサデータを抽出し、その後に行うアルゴリズムの最適化の際の妥当性確認用データとして利用することも可能です。

### センサをすばやく評価

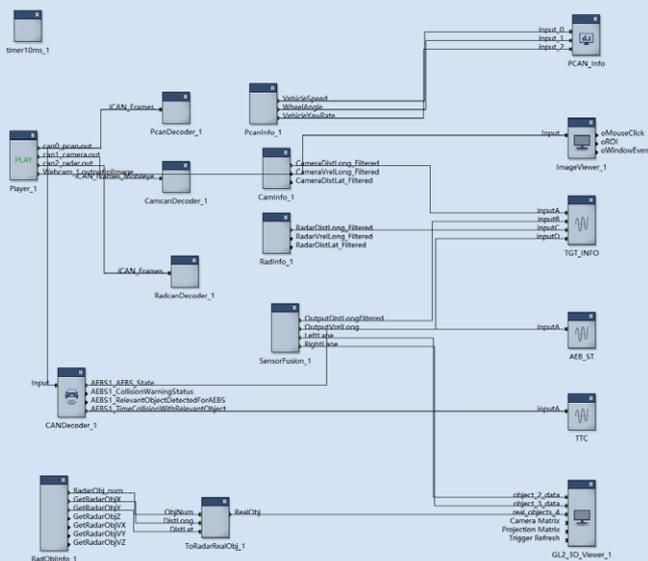
一般的に使用されているセンサタイプの一部では、アルゴリズムの開発を始める前に、各メーカーのセンサのパフォーマンスを比較しておく必要がありますが、RTMaps はセンサのターゲットリストの評価や視覚化が可能のため、センサを容易に比較し、最適なものを選択することができます。

### 複数のプログラミング手法をサポート

開発者は多くの場合、基本構造の構築には C/C++、画像処理には Python、アプリケーション層には Simulink® など、複数のプログラミング環境を使用して複雑なアルゴリズムを作成します。RTMaps のオープンかつ柔軟なコード開発環境はこのような多面的なアプローチをサポートし、異なるプログラミング手法同士を効率的に連携させることができます。

### 開発効率の向上

Shaanxi Automobile Group では、3 人の開発者が RTMaps を使用しています。チームは約 3 週間かけてこのソフトウェアの主な機能を習得しました。これにより、RTMaps は認知およびフュージョンアルゴリズムの開発および妥当性確認における中核的なツールとなりました。Yiran Zhang 氏は、「RTMaps は AEBS を迅速かつ集中的に開発するための必須ツール



RTMaps ダイアグラムは、RTMaps での処理をグラフィカルにブロック線図形式で表示します。



ドライバーの想像以上に、支援システムは頻繁に稼働し、運転をサポートしています。



画像提供：  
© Shaanxi Automobile  
Group Co., Ltd.



「当社では、RTMaps を使用することでアルゴリズム開発の効率が 50% 以上向上しました。その結果、短期間での市場投入を実現しています。」

Yiran Zhang 氏、Shaanxi Automobile Group 社

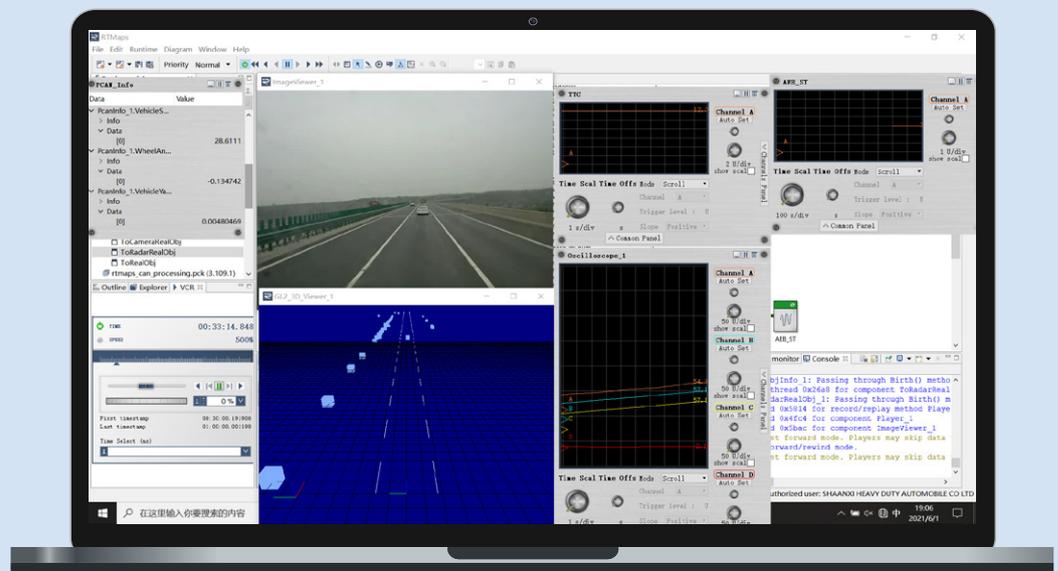
です。実データを使用してオフラインでアルゴリズムの妥当性を確認できるため、すぐに問題が特定され、解決策を導くことができます。これにより、開発期間が短縮し、工数やコストも削減されます。当社では、RTMaps の使用によりアルゴリズム開発の効率が 50% 以上向上しており、この結果、短期間での市場投入が可能になっています」と述べています。

#### 安全性の高い車両という差別化を実現

Shaanxi Automobile Group 社では、RTMaps で開発および妥当性を確認したアルゴリズムを Shacman X6000 および X5000 車両プラットフォームに実装する予定です。さらに、アダプティブクルーズコントロールおよびアダプティブスピードコントロール向けのアルゴリズム開発にも RTMaps を使用します。以上のように、

同社はお客様のご要望にお応えする付加価値を生み出すことで、業界をリードすることを目指しています。同社の開発チームは、信頼性の高い自動運転機能の実装により、差別化を実現できると確信しています。

Shaanxi Automobile Group 社  
ご厚意により寄稿



RTMaps なら、センサーデータとアルゴリズムの挙動を詳細に確認することができます。



歩行動作の改善に向けて、もう一度、義足を考える

# Regenerative Power



医療技術においても、電動化モビリティは刺激的なテーマです。医療関係者がエネルギー回生テクノロジーや高度な制御テクノロジーをどのように役立てているかをご覧ください。

**通** 常、下肢切断患者はパッシブな（電動化されていない）義足を使用します。これは体の支えにはなるものの、歩行や坂道を上るといった重要な活動を補助することはできません。このため、パッシブな義足を装着している下肢切断患者には、健常者よりもかなり多くの代謝エネルギーが必要となります。このような場合に、もしモーター駆動の電動義足を使用すれば、感覚的には自由でありながら少ない労力で長距離を歩行できるようになり、パッシブな装具における制約を乗り越えることができます。ただし、これらの装具の難点は、電力消費が多いという点です。クリーブランド州立大学は、米国立科学財団からの資金援助を受け、ルイスストークスクリーブランドVAメディカルセンターの研究チームと共同で、これらの装具の使用範囲の拡大と自然な可動性を実現するソリューションを模索しました。そして研究チームが開発したものが、スーパーキャパシタをエネルギー貯蔵素子として使用する**エネルギー回生**テクノロジーを備えた義足のプロトタイプであり、電動の人工膝関節と高度なエネルギー制御最適化システムを作製するに至りました。同チームでは、この義足の耐用期間を延ばすにとどまらず、歩行速度の向上や、最終的には階段の上り下りを可能にすることで、使用者のライフスタイルがさらにアクティブになるよう、後押ししたいと考えています。

### 鍵はエネルギー回生

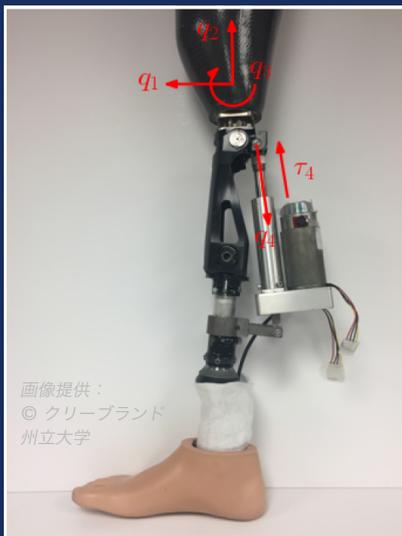
Hanz Richter 教授によれば、これらの装具の最大の障壁は、消費電力の多さと動作制御に必要なアクチュエータの複雑さです。現行の大半の電動義足が実現している歩行スピードは、成人の平均速度での歩行であり、また、充電も1日に数回必要です。研究チームは、自己変調型インピーダンス制御およびエネルギー回生テクノロジーを用いることで足を運ぶさまざまな速度や昇降動作などを含む多様な歩行シーンにシームレスに対応できる制御方式を開発しました。エネルギー回生テクノロジーを用いると、運動システムの使用エネルギーを削減することができます。このテクノロジーの基本は、運動サイクルに伴う余剰エネルギーを回収・貯蔵して再利用することです。電気自動車では一般的に、エネルギー効率の向上のために回生ブレーキが使用されており、同様の手法は電動義足にも適用することができます。自然な歩行を実現するためには、膝継手の部分で生じる余剰エネルギーのリサイクルが必要です。パッシブな義足では、義足自体がブレーキとして機能してしまい、このエネルギーを逃がしていたのに対し、Richter 教授が開発した回生型の義足は自然な動きを損なわずに余剰電力を貯蔵して再利用することが可能です。こうしてエネルギー回生技術を用いると、バッテリーの寿命が伸び、義足の日常使用における実用性を高めることができます。 >>





画像提供：© クリーブランド州立大学

プロトタイプの義足をつけて歩行する被験者



画像提供：  
© クリーブランド  
州立大学

人工膝関節のプロトタイプ

#### 従来の電動義足に関する問題

従来の大半の電動義足では、有限状態インピーダンスコントローラ、機械バネ、およびダンパーを使用して膝と足首の関節の動きを再現しています。義足の動作は、一歩を歩き終えるのに必要なバランスと協調という複数の歩行状態に個別に対応するようになっており、それぞれの歩行状態ごとにインピーダンスコントローラが使用されています。これらのコントローラは、義足に設置したセンサによってトリガされ、個々の使用者のさまざまな歩行速度や歩行パターンと一致するように制御パラメータが調整され、それぞれの歩行状態を再現します。通常の電動義足は、3つから4つの異なる歩行速度と5つの歩行状態に対応したコントローラを備えていますが、ここではコントローラのパラメータごとに手間をかけてインピーダンスを調整する必要があります。たとえば3種類の歩幅と3種類の速度を5つの歩行形態に照らし合わせると、45個の調整項目があることになります。このような、調整項目が膨大であるという問題に対応するため、研究チームは脛骨の

軸方向の荷重を利用した連続インピーダンス変調方式を採用し、制御パラメータ空間を大幅に縮小することに成功しました。

#### エネルギー回生式の電動大腿義足

研究チームは、エネルギー回生や自己変調型インピーダンス制御の概念を実証するため、パッシブな足首と電動の膝継手で構成されたプロトタイプを開発しました。膝継手は、リードネジとクランクスライダメカニズムを組み合わせたDCモーターによって作動します。ここではウルトラキャパシタ（別名スーパーキャパシタ）をバッテリーに代わるエネルギー貯蔵素子として使用したため、エネルギーの効率的な貯蔵と再利用が可能になりました。ウルトラキャパシタはバッテリーとは異なり、軽量かつ耐久性に優れ、高出力密度で、急速充電による損傷もありません。このプロトタイプには、もう1つの重要な設計要素として、工夫を凝らした制御方式が搭載されました。同チームはエネルギーの回生を実現しながら、立脚相と遊脚相の両方で義足を駆動する可変インピーダンス

「dSPACE システムは強力です。モデリングやシミュレーションにおいて有用なだけでなく、リアルタイムアプリケーションへの効率的な移行もサポートしてくれます。」

Hanz Richter 教授、クリーブランド州立大学機械工学部

制御という斬新な手法を開発しました。この制御方式は、脛骨に掛かる荷重の大きさに基づいて膝継手のインピーダンスを変化させ、システムに指定された量の負減衰を正確に注入することによってエネルギー回生を促すものです。Richter 教授は、「この手法では、膝のインピーダンスが自然に変化するため、他の手法に比べて調整するパラメータが大幅に少なくなります」とし、「さらに、コントローラ制御によってさまざまな速度で歩行できます。各種の調整も要りません。簡単な調節だけで、同一のチューニング内容を異なる使用者に適用することもできます」と述べています。



#### 制御方式の妥当性確認

研究チームでは、制御方式の妥当性を確認するため、テスト用義足に各種センサを取り付けて制御方式のデータを収集し、全般的なパフォーマンスを評価しました。また、下肢切断患者のボランティアを募集し、試験を実施しました。この試験では、制御方式に関するフィードバックを得るため、運動学的に膝継手と関連するモーターの位置をエンコーダで計測し、速度を算出しました。また、2つの歪みゲージを取り付けて脛骨の荷重計測値を生成するように調整し、チームが開発したセミアクティブ仮想制御方式の一環として**ウルトラキャパシタ**の電圧を計測してフィードバックとして使用しました。さらに、義足のエネルギー回生能力を評価するため、モータードライバの両側にセンサを取り付けて入出力電流を計測し、モーターおよびウルトラキャパシタへの印加電圧を記録しました。同チームでは、これらの計測値を組み合わせることにより、モータードライバの総使用電力や効率性に関する情報を取得し、dSPACE システムを用いて義足やその制御システムのデータを 1 kHz の周波数で一元的に入手、制御、および表示しました。この際には、リアル

タイムの制御処理を Simulink のブロック線図で実装し、一部のコードを組み込み MATLAB® ブロックによって実行しています。また、24 Hz のカットオフ周波数ですべての計測値をデジタルフィルタリングし、被験者と dSPACE システムの間はテザーケーブルで接続しました。Richter 教授は、dSPACE システムと Simulink の優れた互換性のおかげで、研究チームが細かい実装ではなく制御アルゴリズムに注力できたとし、特にモデリングやシミュレーションからリアルタイムへの展開を効率的に行えたと述べています。

#### トレッドミルでの試験

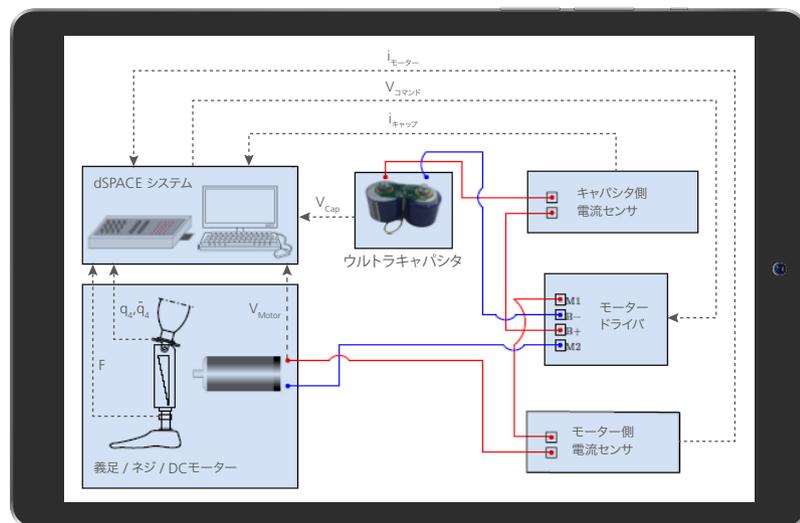
研究チームは、開発の早期段階で妥当性確認を完了し、その後一連の臨床試験に着手しました。ここで行ったのは、35歳の男性の下肢切断患者が低速 (0.6 m/s)、標準 (0.75 m/s)、高速 (0.9 m/s) という異なる3つの速度でトレッドミル上を歩行する試験です。同チームは、この試験を通じて制御方式が妥当であることを確認し、さらにテスト条件下でエネルギー回生を再現することができました。この際は、

10台のカメラを備えたパッシブマーカームーションキャプチャシステムによって、標準的な解剖学的部位に配置した26個のマーカーを記録した結果、ダブルベルト式トレッドミルのフォースプレートのいずれの側にも地面反力を計測することに成功したという経緯です。

#### 回生エネルギーが膝継手に動力を供給

研究チームは結果的にテスト時の調整を数分で完了できたことから、調整の容易さはクリアできたと判断しました。また、エネルギー回生が機能し、必要な際に膝継手に動力が供給されることも確認できました。ただし、同チームはエネルギー回生にはさらなる向上の余地があると考えています。このプロジェクトは終了しましたが、追加の資金援助があれば、コントローラの安定化に注力し、最初のプロトタイプで発見されたエネルギー損失を改善できると同チームは捉えています。臨床的側面の評価試験で収集されたデータや試験結果の全文は、学術誌『Medical Engineering and Physics』に研究論文として近日、掲載される予定です。■

クリーブランド州立大学のご厚意により寄稿



出力および情報の経路を示した義足システムの概要

自動運転におけるデータパイプラインの  
効率性および品質

# Fueled by Data

現 実世界は複雑で、それに対応する車両環境の複雑さも、際限のないものです。「if-then-else」形式の単純な論理比較といった従来型の問題解決手法では不十分であり、必要な条件も無数に存在します。つまり、自動運転車両の動作の信頼性を十分に高めるには、至極複雑な作業が必要ということです。これらの複雑な問題に対処するには、従来とはまったく異なる開発手法が求められます。その手法とはつまり、最高の精度と完成度を持った手書きのコードで問題を解決するのではなく、サンプルユースケースを用いて一般的なモデルを自動化し、それをパラメータ化した設定として実装することに重点を置く手法です。トレーニングと表現されるこのような方法では多くの場合、より多くのデータを供給するほど、パラメータ設定の結果が期待値と近くなり、車両の安全性が向上します。自動運転車両の実用化においては、これは効率性の高い方法だと言えます。なぜならコードであらかじめ「森羅万象」を定義するという本来不可能な作業をしなくて済むからです。このプロセスは、「コードセントリック」ではなく、「データドリブン」または「データセントリック」の開発プロセスと呼ばれます。ここでは、既存のプロセスにデータの方向性を当てはめるのではなく、データに合わせてプロセスを調整しながら開発を行います。そのため、データ、データパイプライン、およびそれらに付随するツールが開発プロセスの中心となります。

自動運転には機械学習ベースの機能が必要ですが、そのような機能を継続的に開発するには、データパイプラインを完全統合した形のデータドリブン開発ソリューションが最適です。各種の開発プロセスでは、形式やインターフェースの不整合に代表される多数の問題が存在しており、それがプロジェクトの遅延の一般的な要因となっています。dSPACE では、このようなデータパイプラインに関する課題への適切な対処を可能にする優れたテクノロジー、手法、および卓越した専門技術を提供しています。

### 車両の高度なデータロギング

データパイプラインの出発点は車両です。まずは実車両を用いて、開発プロセスで用いるすべてのデータを収集します。車両レベルにおけるデータの収集元となるのは、すべてのセンサ、バス、そして内部の車載センサや ECU から情報を転送するネットワークです。車両およびデータ収集システムは、データパイプラインの最適化のための最初のステージであり、多くのことを実行できる場所でもあります。ここではまず、ロガー自体の車載インフラストラクチャやアーキテクチャを調整し、可能な限り高速でデータ損失のないデータを I/O インターフェースからデータストレージに転送できるようにします。そして次に記録されたデータを選別します。データはすべてが必要になるとは限らず、本当に有益なのはほんの一部という場合があります。ということはつまり、ごく早期の段階で不要なデータを切り捨てることができれば、記憶領域や時間が節約されるということです。有益なデータのみを記録・保存すると同時に不要なデータを破棄するには、技術的に強力かつ柔軟なデータロギングシステムが必要だけでなく、適切なデータだけを確実に保存できるよう記録および保存領域間を調整する機能が必要になります。上記の要件を満たしているのがデータロギングハードウェアおよびソフトウェア、データインジェストおよび管理ソフトウェア、および付随するサービスで構成された dSPACE のスマートデータロギングソリューションです。このソリューションの

中核となるコンポーネントは、要求の厳しい ADAS/AD アプリケーションのデータロギング向けに設計された AUTERA 製品ファミリです。これには、軽量ながらも強力な開発およびロギングソフトウェアである RTMaps や、モバイル型タグ付けアプリケーションである RTag を組み合わせることができます。dSPACE ではさらに、記録されたデータボリュームに関連するサブセットにフィルタリングおよび削減するテクノロジーとノウハウも提供します。また当社の人工知能の専門技術者がいつでもお客様をサポートします。必要な際は、dSPACE やパートナー各社が専用の車両設備やデータ取得サービスを提供することも可能です。

### データインジェスト - 開発者が使用するためのデータを作成

データパイプラインの一部であるデータインジェストパイプラインは、ソフトウェアエンジニアやテストエンジニアが車両から適正な品質のデータを速やかに取得できるようにするためのものです。これはデータパイプラインの第 2 ステージと言えます。当社はここで効率性と品質を高めるためのソリューションを提供しています。たとえば、メモリをとりわけ多量に消費するカメラのデータなどでは、データの記録中に既にそれらをインテリジェントにフィルタリングしている場合でも、データ削減の余地は通常まだ残っています。つまり高い演算処理能力を持ったソリューションで非リアルタイムの処理を行えば、さらにデータを

削減できるということです。この処理にはより多くのエネルギーが必要なため、車両の外部で実施します。車両で事前にデータがフィルタリングされていない場合、データボリュームの削減に向けてこのステップで行う作業はさらに増えます。不要、破損、不完全、またはインジェストされていないデータばかりだと、効率性は向上しません。こうしたデータは容量がかさむだけで、何のメリットも生みません。このように、車両で品質をチェックしていない場合にインジェストパイプラインを実装すれば、必要な記憶域を最小限に抑えられ、コストを削減することができます。このステージでは、特に形式チェック、エラーチェック、および整合性チェックなどの品質管理が行われます。データをさらに削減するには、データの内容を理解することが必要です。そのためインジェストパイプラインでは、データの処理と一定のメタ情報の抽出も行われます。これにより、フィルタリングの簡素化やデータの削減が可能になるだけでなく、検索機能の強化やデータの体系化も促され、マップの生成やセンサのプレビューによるビジュアル表示も可能になり、またデータアクセス時の応答速度も向上します。プレビュー結果は自動的に匿名化されるため、GDPR 規則にも違反しません。dSPACE では、スピーディなデータアップロードを保証する広帯域幅の AUTERA Upload Station とホットスワップ対応の AUTERA SSD、ネイティブな転送プロトコルを搭載しています。データインジェスト用にカスタマイズ >>



図 1: データドリブン開発のデータパイプラインとサイクル (簡略図)



図2：dSPACE AUTERA ハードウェアは、最も厳しいデータ取得の要求にも対応可能です。RTMaps は、強かつ使いやすいデータロギングソフトウェアとして、柔軟な設定オプションを提供しています。

されたプラグイン処理モジュールを備えたフレームワークである Intempora 社の IVS で構築された総合的なデータインジェストソリューションを提供しています。このソリューションには品質チェック、冗長性の削減、プレビューの生成、およびタグ付けモジュールがデフォルトで含まれています。また、dSPACE のグループ企業である understand.ai 社が提供するアノテーションサービスを使用すると、極めて大容量の選択済みデータにも迅速かつ最高の品質でラベリングを行うことができます。さらに、個人情報を保護するアノマイザとしてすべての識別可能な個人の顔やナンバープレートの 99% 以上を匿名化し、GDPR、APPI、CSL、および CCPA に準拠した設計となっている UAI Anonymizer の使用も可能です。

### テスト：安全第一

自動運転車両の機能は、想定内、想定外を問わずあらゆる交通状況で適切に動作しなければなりません。実走時に運転手が頼れるのは車両および車載ソフトウェアだけであるため、自動化されたテストによりそれらは十分に検証される必要があります。ここで採用できるテスト手法には、開発段階に応じてさまざまなものが存在します。dSPACE 製品では、プラットフォームに応じてこれらの手法を新しい車種のテストや認証プロセス全体にスムーズに統合するためのソリューションを提供しています。ADAS/AD における重要なテストおよび妥当性確認手法としては、データリプレイテスト（すなわち再処理）が確立されています。これは、記録されたセンサデータやテスト対象システムへのバスデータを再生し、グラウンドトゥールズデータに照らして出力を評価するというものです。

そのようなテスト方法では、実際の運転状況から得たデータを用いて、効率性および費用対効果の高い方法で自動運転車両の挙動を分析し、車両の安全性を十分に評価することができます。また、データリプレイにはデータへのアクセスやデータの同期ストリーミングが可能という極めて重要な側面があるため、データドリブン開発パイプラインの主要な要素となります。この方法は、開発プロセスの早期の段階では純粋なソフトウェア (SW) データリプレイテストとして、それ以降のシステム統合後のプロセスではハードウェア (HW) データリプレイテストとして適用することが可能です。ソフトウェアデータリプレイテストは通常、リアルタイム性という制約がないため、リアルタイム以上に高速に実行することができます。そのため、高精度なチェックを容易に実施でき、ハードウェアプロトタイプを入手するはるか以前の段階でもテストが行えるのです。一方、ハードウェアデータリプレイでは、中央コンピュータやセンサ ECU を実装したうえで、これらをテストシステムに接続し、記録された合成データまたは実データを出力します。そのため、路上テストに極めて近い条件でハードウェア、電気インターフェース、およびソフトウェアをテストすることができます。データリプレイテストをさらに拡張するには、欠陥挿入やデータストリームの操作を行います。データリプレイテストは

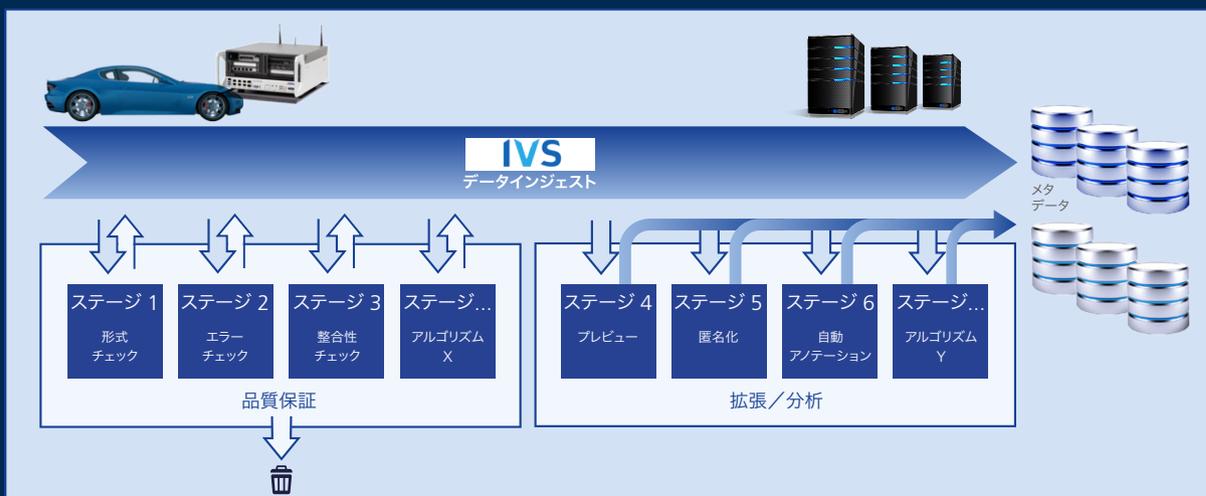


図3：データインジェストパイプラインにより、高品質で拡張され、匿名化された（オプション）データが開発者に届きます。

現在、クラウドサービスでの利用が増加しています。dSPACE およびパートナー各社では、パブリッククラウド、オンプレミス、およびハイブリッドクラウドベースの卓越したデータリプレイテストソリューションを提供しています。dSPACE のデータリプレイポートフォリオには、高精度のバスおよびネットワークインターフェースを備えたモジュール型のリアルタイムシステムである SCALEXIO、センサインターフェースを備えた強力な FPGA ボードである環境センサインターフェース (ESI) ユニット、初期段階の (仮想) ECU シミュレーションに使用可能なオフラインシミュレータである VEOS、最先端のデータ構文解析およびストリーミング用ソフトウェアである RTMaps など、お客様のニーズに最適なツールが多数含まれています。さらに、関心のある記録データセットに容易にアクセスできるデータ管理ソフトウェアである IVS も提供できます。これらのツールをすべて統合すれば、何千キロメートルもの走行データや合成データを用いてさまざまなテストを 24 時間年中無休で実行できる、完全自動のテストソリューションが実現します。

#### データ拡張

ここでの課題は、過去に記録したデータで既に対応の済んだ状況を準備して自動運転車両をテストするだけでなく、実際の

データが一切存在しない、まったく新しい未知のシナリオによるテストも必要だという点です。これは、現実にはあり得ない、または危険すぎてテスト不可能な事例 (コーナケース) をテストする場合に特に重要です。このような場合、Sensor-realistic simulations ソリューションを使用すると、人為的に作成されたデータを用いてテストデータセットを拡張することができます。交通に関しては、トラフィックシナリオや交通環境を新規に作成するか、またはパラメータを操作して実際の交通状況から合成して作成します。テストデータセットを拡張するもう 1 つの手法は、記録済みのデータを用いて、リアルな動きをする交通参加者を交通状況に合成して追加する方法です。特に dSPACE および understand.ai 社が開発したシナリオ生成ソリューションを実装している dSPACE 製品なら、現実のシナリオを改変することができます。このソリューションでは、実車によるテストドライブの記録をシミュレーション環境に移行し、専用のハードウェアおよびソフトウェアで何千というセーフティクリティカルかつ現実的な運転シナリオを簡単にシミュレートできます。これらのシナリオは恣意的に変更・拡張できるため、膨大な数のシナリオの実行が必要なシナリオベーステストでは極めて有用です。dSPACE の Sensor-realistic simulations ソリューションで

ある AURELION は、シミュレーション時のクローン作成だけでなく現実の改変にも対応した新しい強力なツールです。また、当社では開発コストを大幅に削減するための人工トレーニングデータの生成手法も提供しています。

#### シームレスな統合

上述の通り、dSPACE およびグループ / パートナー各社では、シームレスに統合されたツールを通じてデータパイプライン全体をサポートし、お客様にスムーズなデータフローを保証いたします。dSPACE の専門知識や各種ツールを利用すれば、開発プロジェクトの重大な局面においてもデータパイプラインの確実な動作を維持できます。 ■

当社の担当者とのご相談をご希望の方はぜひ、[info@dSPACE.jp](mailto:info@dSPACE.jp) までお問い合わせください。

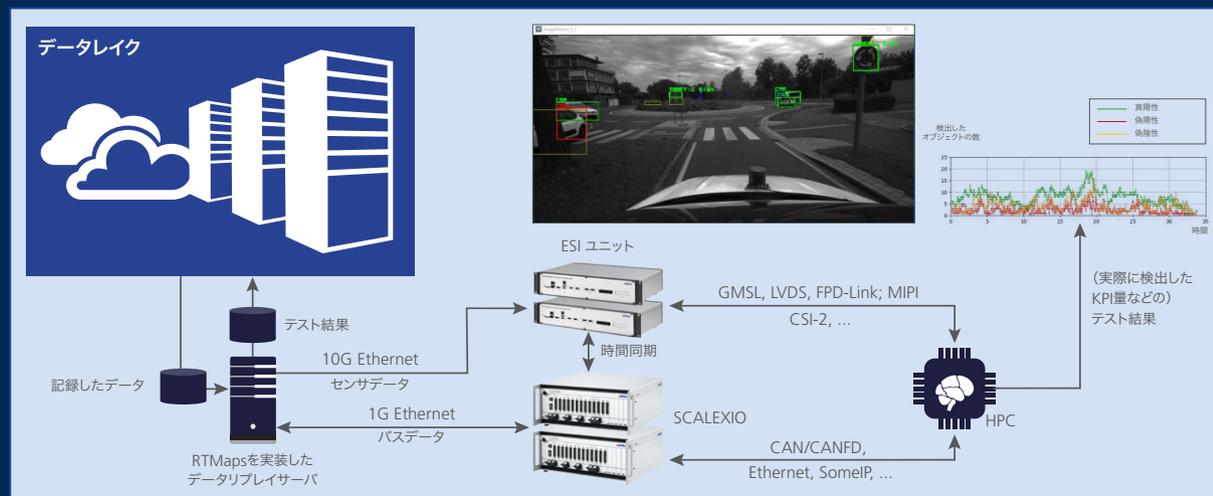


図 4: データセンターでのデータリプレイテスト



# Enter simpliCity

SIMPHERA – 自動運転機能の妥当性検証を容易かつ効率的に  
実行できる新たなウェブベースソリューション

自動運転機能の開発向けに再現されるさまざまなシミュレーション環境は、まるで仮想空間上の惑星のようです。その空間で車両は、無数の交通状況に対処する必要があります。まさにそのようなデジタル惑星を提供するソフトウェアである SIMPHERA には、シミュレーションおよび妥当性確認向けのさまざまな dSPACE 製品がすでに実装されています。



火 曜日の朝、機能開発者である Belle Fisher 氏はコンピュータを起動し、ウェブブラウザ経由で会社のシミュレーション環境にアクセスし、中国にいる同僚の Yang Yu 氏が準備した新しいテストシナリオが適切に計画され、使用できるようになっているか確認します。この新しいシナリオは、Belle 氏と彼女のチームが現在取り組んでいる、高度な自走運転向けのアルゴリズム評価に最適なシナリオです。その後、Belle 氏はそのシナリオを自身のシミュレーション環境に統合し、アルゴリズムのテストを行います。シミュレーションによる自動検証で得られたデータインサイトをもちに、アルゴリズムはさらに最適化されます。この作業を通じて妥当性が確認された新しいバージョンのアルゴリズムが出来上がります。すると、その日のうちにセンサの専門技術者であるイスラエルの Roni Cohen 氏が、上記のシミュレーション環境に新しいレーダーセンサのモデルを統合します。このレーダーセンサはセンサメーカーのデータをもとに、特定のコーナーケースにおけるステアリング動作を改善するため既存のセンサの代わりとして採用されたものです。Belle 氏はそのレーダーセンサのモデルをすぐに仮想環境上のテスト車両に実装することができます。その後、関連するコーナーケースをテストケースとして選択して、望ましい改善が本当に実装されるかどうかをシミュレーションで検証することも可能です。

### 信ぴょう性の高い検証結果を実現

翌朝になると、車両制御プロジェクトマネージャがチームミーティングを開催し、新しいセンサを含む車両全体の挙動を確認するための統合テストを指揮します。そこで、Belle 氏はパラメータをすべて自動的に変更した 1,000 以上のテストケースを >>





SIMPHERA は、刺激的なテクノロジーを備え、アクセスの容易なウェブベースのソリューションです。

生成し、それらを使用してシミュレーションを実行します。クラウド上でマルチインスタンスシミュレーションが実行できているおかげで、開発チームは昼食後には結果を確認できます。そして今度は、過去のシミュレーション結果と比較し、差異を確認することも叶います。こうして車両の制御機能は新たな改善手法にしたがって定められた要件を満たしていき、妥当性が確認された新しいバージョンとして完成します。チームではまず Software-in-the-Loop (SIL) テストで妥当性を検証したのち、次の妥当性確認ステップとして、実際のハードウェアを使用して車両制御機能の挙動をリアルタイム条件下で決定する作業に取り組みます。一方この作業と並行して、サービスプロバイダ側には ECU にソフトウェアを実装するタスクが求められます。彼らは ECU をリアルタイムでテストするために、開発チームと同じシミュレーション環境を使用し、同じテストスイートにアクセスして適切なテストシナリオを選択します。その際 SIMPHERA を使えば、サービスプロバイダは Hardware-in-the-Loop (HIL)

シミュレータをテストプラットフォームとして使用できます。この統合レベルでは、テスト成果物をそのまま再利用可能です。このことは妥当性確認プロセスの効率性と信頼性の向上につながります。**上記の事例のいずれか、またはすべてに関連するお客様には、当社のこの新しいソリューション—シミュレーションと検証のためのクラウドベースソリューション—が最適な選択肢となります。以下に、お客様独自のタスクに SIMPHERA を活用する方法をご紹介します。**

#### SIMPHERA の概要

SIMPHERA とは、自動運転のシミュレーションおよび妥当性確認に使用できる、まったく新しい概念に基づいたウェブ上のクラウドベースのソフトウェアソリューションであり、自動運転車両の迅速な実用化を目指して設計された革新的な手法です。このソフトウェアを使用すると、開発の早期の段階で各種のアプリケーションのシミュレーションが実現され、それを早期に分析することで、開発の複雑さに

対処することができます。SIMPHERA では、ピークルダイナミクスやトラフィックなどをシミュレートするための強力な機能を備えており、ユーザーはその機能を簡単に利用できます。これにより、simpliCity と呼ばれる仮想世界で車両制御などの新しいアルゴリズムをテストすることが可能になります。開発者は仮想環境下で、ランダムな要素を一切除いた再現性の高い仮想車両のテスト走行をすることで、このアルゴリズムテストを実行できます。車両、周辺環境、テストシナリオ（この記事ではトラフィックシナリオを意味）は、すべて自由に定義またはインポートが可能です。極めて汎用性に優れた simpliCity の仮想世界では、任意のコーナーケースを再現し、幅広いテストカバレッジを保証しています。また、各種のコーナーケースは容易にパラメータ設定できるため、新しいバージョンを生成すればテストの深度が向上します。なお、各シミュレーションの実行後には、たとえば緊急ブレーキをかけても衝突を避けられない速度など、車両の挙動に関する詳細かつ有益な解析結果が提供されます。

SIL

HIL

「SIMPHERA の設計は卓越しています。これに匹敵する製品はありません。」

ドイツ系 OEM メーカー

**効率化のための 3 つの柱**

SIMPHERA では、あらかじめ決められたスケジューリングに基づいて、非常に現実的なシミュレーションを容易かつ直感的に作成および実行し、評価することができます。SIMPHERA のユーザインターフェースでは、各種の役割に基づいたユーザガイドランスが提供されます。

- **Prepare** : 車両の定義、シナリオの作成、およびテスト対象機能の管理を行います。
- **Simulate** : 選択したシナリオとテスト対象機能に基づいて、ユーザがシミュレーションの様子を見ながら、対話するように車両をシミュレートします。
- **Validate** : テストスイートを作成し、さまざまなパラメータバリエーションを用いて具体的なテストケースを大量に実行し、その結果を分析します。

この構造化された手順は、エラーを回避し、効率性を高めることに貢献します。さらに、さまざまなソリューションが高度に統合され、全員が同じデータに基づいて



作業できるようになっているため、チーム間や担当者間での「食い違い」が生じません。また、高い透明性も維持されているため、関係者全員がお互いの成果物を確認できます。

**時間や場所を問わずにグローバル規模で共同利用**

SIMPHERA は、クラウド上や企業のサーバクラスタ上のウェブベースソリューションとして機能し、いつでも直接アクセスし得るため、ユーザや IT インフラ設備、施設の場所を問わず柔軟な運用が可能です。つまり、**グローバル規模での共同利用**に最適であり、あらゆるユーザのニーズに応られるということです。長時間のインストール作業は一切なく、ライセンスさえ取得すればすぐに使用していただけるため、分散型のチームを立ち上げて

いつでもどこでもアクセス可能で、グローバルでのコラボレーションが可能

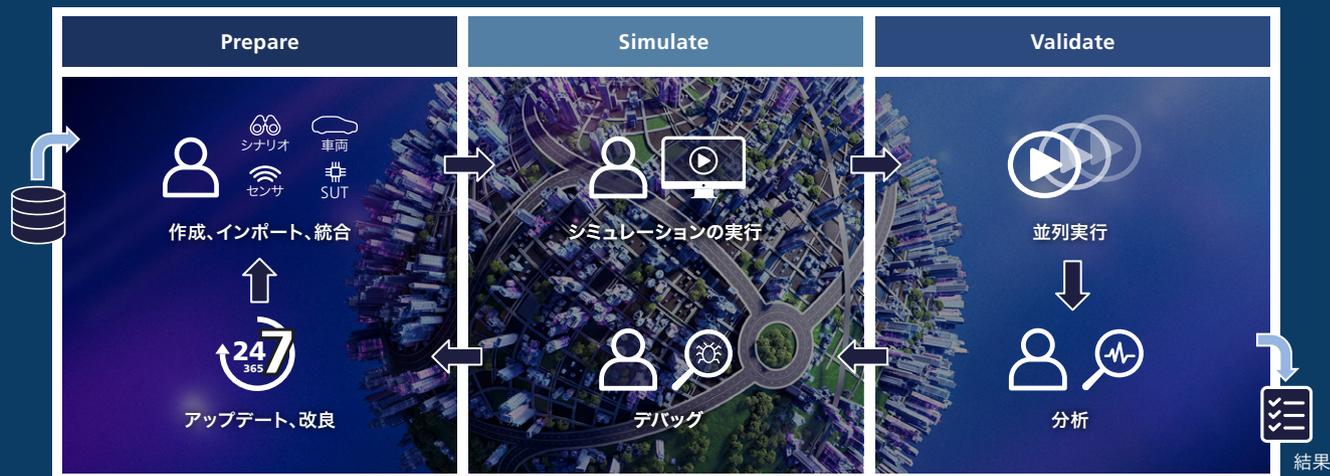
効率的なプロセスを導入した時点ですぐに**共同作業**を開始することができます。

**シナリオベーステスト**

シナリオベーステストとは、自動的に生成された特定の運転状況をテストすることです。特殊な交通状況や、予期せぬ動きをする歩行者の挙動などを自動的に生成することで、運転機能の検証の精度を限界まで高めることができます。また、仮想テスト環境で再現された運転状況は何度でも繰り返し実行できるため、公道で実際に走行試験することなく安全な環境で運転機能のテストが可能です。さらに、これらのシナリオは抽象化してパラメータ化できるため、パラメータを変化させれば、単一の「論理」シナリオから無数の「具体的な」シナリオが生成されるので、さらにテストカバレッジが広範囲になります。 >>



シナリオベーステストへの統合による自動運転機能の検証



SIMPHERA の統合型ワークフローにより、検証を効率的かつエンドトゥエンドで行うことが可能です。

## クラウドベースのスケラブルなテストにより、結果の迅速な確認と広範囲なカバレッジを実現

SIMPHERA は、(Euro NCAP、ALKS などの) 関連する運転状況のライブラリを備えており、必要に応じて拡張することが可能です。

**スケラブルなテストをクラウド上で実行**  
路上で起こりうるあらゆる状況において、運転機能が安全に動作することを正確に確認するためには、極めて膨大な量のテストが必要になりかねません。しかし SIMPHERA は、特にそのようなテストやバリエーションの数が大幅に増加するケースで

強みを発揮します。たとえばクラウド上で複数のテストを並列実行することにより、テストの規模を調整したり、テストカバレッジやテスト深度を向上させた場合でもプロジェクトを予定通りに進めることが可能です。SIMPHERA を活用すれば、常に質が高く完成された検証を行えるため、アルゴリズムの信頼性が向上し、車両の安全性も保証されます。

### クラウド上でテストを自動作成し、実行、評価

SIMPHERA では、いったんセットアップの準備が整えば、その後のプロセスは簡単なため、あらゆる機能開発者がアルゴリズムを迅速にテストできます。Linux Docker コンテナは、Kubernetes (コンテナ化されたアプリケーションの展開、スケーリング、および管理を自動化するシステム) により、バックグラウンドで自動的に

調整されます。その後は、個々のシミュレーションジョブが自動的に実行ノードに割り当てられます。ここにユーザの介入は必要なく、ジョブが実行されると、SIMPHERA はその結果の概要を分かりやすく表示します。

### SIL および HIL プラットフォームでのシームレスなテスト

ECU ソフトウェアの検証は、初期段階テストである SIL (Software-in-the-Loop) テストから始まり、ECU や車両の動作をリアルタイム条件下で確認し検証する HIL (Hardware-in-the-Loop) テストへと続きます。SIMPHERA はこれらのテストプラットフォームのいずれにもアクセス可能なため、SIL および HIL 間でテストの成果物を再利用できるだけでなく、プラットフォームが異なっても変換作業は不要で、そのまま使用いただけます。

## SIMPHERA の利点



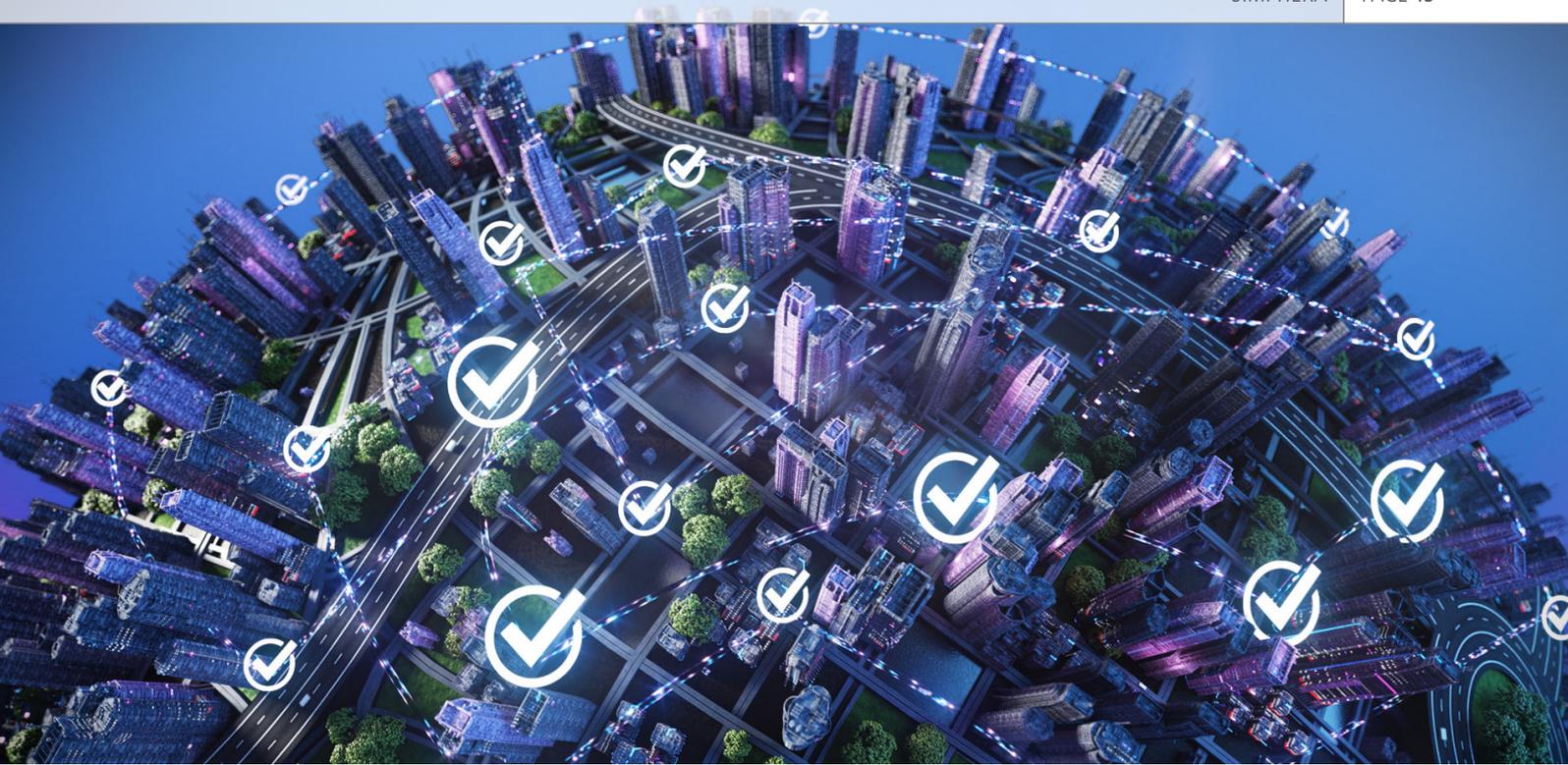
あらゆるプラットフォームに適應 – 幅広い用途に対応



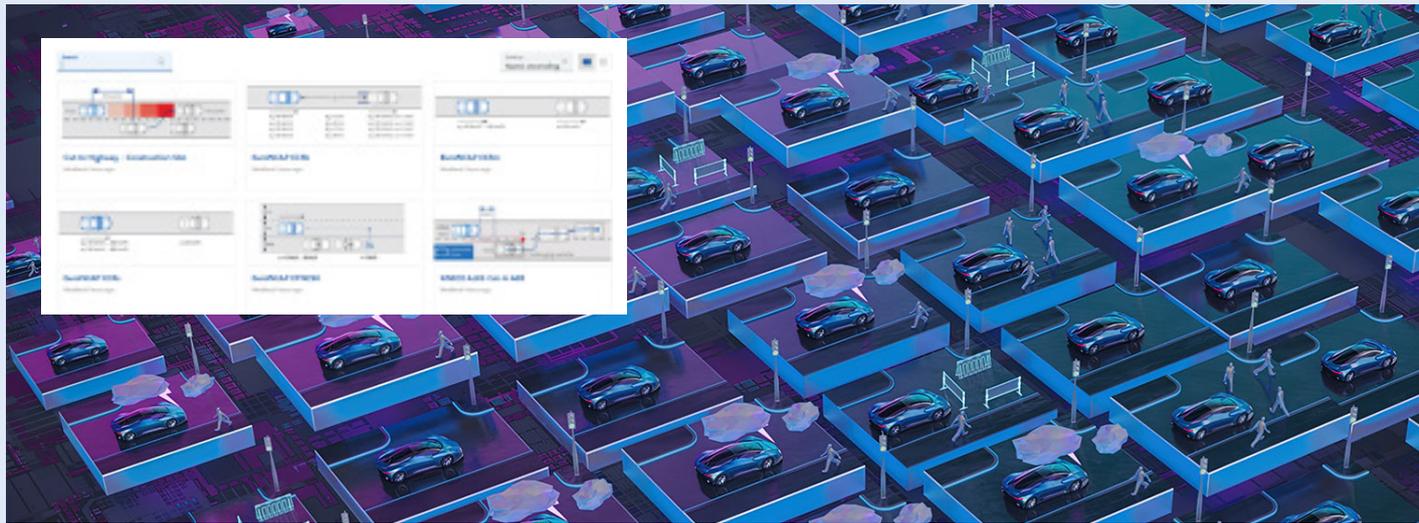
迅速なアクセス – 時間とコストを最小に



グローバル運用 – 世界中の拠点で共同開発が可能



SIMPERA はウェブ経由で簡単にアクセスできるため、分散型の開発環境に最適です。



複合的に定義したテストシナリオや、実際のセンサデータから生成およびインポートしたテストシナリオに基づいてシミュレーションを実行します。



ガイド付きの  
ワークフロー –  
短期間で習得可能



操作が簡単 –  
直感的に操作できる



SIL/HIL への  
円滑な移行 –  
効率的なプロセス



スケーラブル –  
広範囲のテストカバレッジ



クラウド上でのスケーラブルなテストにより、結果の迅速な確認と広範なカバレッジを実現します。

## 「SIPHERA は非常に完成度の高いツールです。」

日系 OEM メーカー

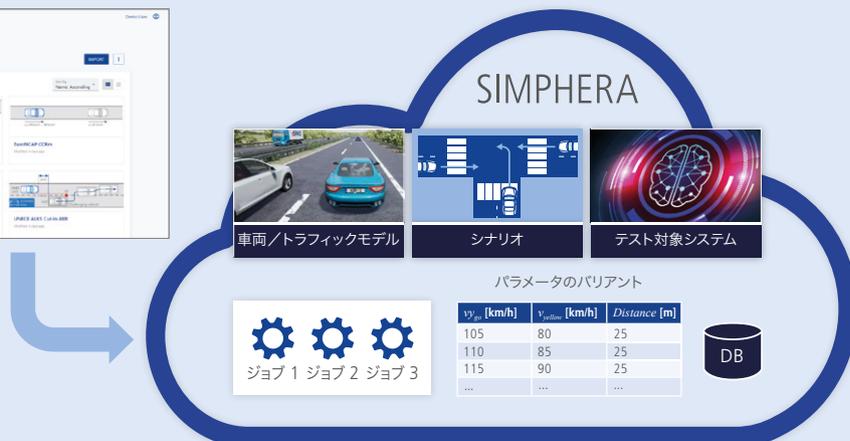
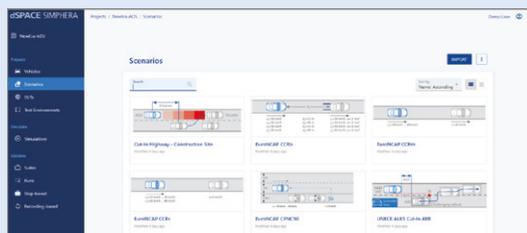
そのためエラーは減り、時間とコストの両方が削減されます。これはトレーサビリティやホモロゲーションのための基本的な前提条件でもあります。すべての検証作業を1つの統合環境で行うことで、

開発効率を高めることができます。このように、SIPHERA は、ECU ソフトウェアや ECU のシミュレーションおよび検証のための **エンドトゥエンドのソリューション** だと言えます。

### 完全にオープンなフレームワークにより、最大限のテストカバレッジを実現

SIPHERA の設計思想は、検証をカバレッジ駆動型で実行し、数値化して信頼性を保証することです。これは、大規模な妥当性確認や堅牢性テストなどを保証することで実現されています。SIPHERA には、検証済みのシミュレーションモデルや確立されたシミュレーションプラットフォームなど、業界で実績のあるさま

SIPHERA は、選択されたクラウドプラットフォームに応じて、クラウドベースのテスト実行全体を処理します。





エンドトゥエンドのシミュレーションおよび検証ソリューション：SIL および HIL テストでモデル、シナリオ、テスト、およびインターフェースを再利用できます。

さまざまなテクノロジーが搭載されているため、特にテスト対象ソフトウェアの機能の妥当性を高い信頼性を維持しながら検証することができます。SIL および HIL テスト間においても、一貫性の高いデータ管理を実現することはトレーサビリティやホモロゲーションのための基本的な前提条件です。さらに、SIMPHERA はオープンかつ柔軟性に優れているため、ホモロゲーション分野のパートナーソリューションを統合することができます。

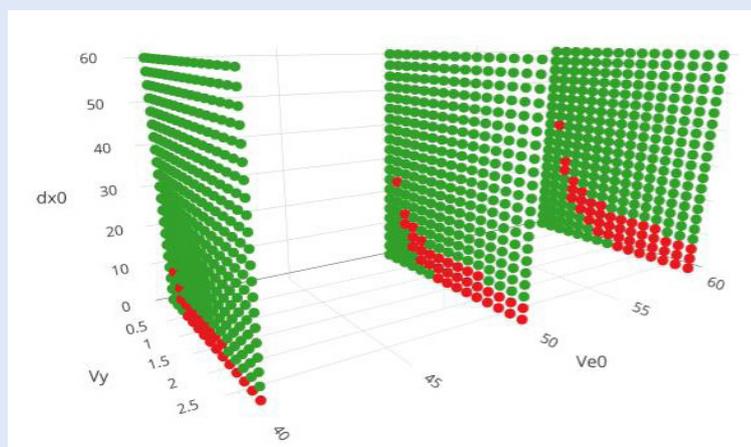
#### SIMPHERA が進む次のステップ

SIMPHERA は、各分野のお客様との緊密な連携の下でさまざまな試験を行いながら開発されているため、運転支援システムや自動運転機能の検証を行う業界が早急に必要とする各種機能が搭載されています。また、多くの機能追加も既に計画されており、現実的なセンサシミュレーションのより深いレベルでの統合や、各種のテスト手法の追加などが直近の項目となっています。dSPACE では、お客様との協働の中で SIMPHERA の開発を加速したいと

**シームレスな SIL/HIL テストへの移行：容易なトレーサビリティやホモロゲーションを実現するための基本的な前提条件**

考えております。お客様の要件やご要望を実現するお手伝いができれば幸いです。■

シミュレーション結果はテストレポートで示されます。



ぜひ、[info@dspace.jp](mailto:info@dspace.jp) までお問い合わせください。

dSPACE

# Finger on the Pulse

韓国に新しく生まれた dSPACE グループ企業



dSPACE は 6 月、Martin Wöhrle を責任者として韓国に現地法人を設立しました。このインタビューでは、各国に独自の支社を持つことが極めて重要である理由、自身と韓国とのつながり、および新支社がどのようなスタートを切るのかについて Martin Wöhrle がお伝えします。

dSPACE は長い間、パートナー企業を通じて韓国に関わっていましたが、このたびなぜ直営の子会社を設立したのですか。それはひとえに、韓国がモビリティおよび自動車分野における世界有数の大型市場だからです。韓国の企業では、信じ難いほどのスピード感で革新が起きています。またもう 1 つの理由は、当社はシミュレー

ションおよび妥当性確認分野をリードするパートナー企業として、その時々最新の情報を入手する必要があるからです。ソウルを拠点とする新支社があることで、私たちはそのようなパートナーとしてお客様に当社のノウハウを直接お届けし、自動運転、電動化モビリティ、およびデジタル化向けのソリューションを通じて韓国のダイ

ナミックな変化をサポートすることができます。

韓国市場で dSPACE のソリューションはどれくらい定着しているのでしょうか。dSPACE ブランドは既に浸透しており、良い評判をいただいています。当社のテストソリューションは、販売パートナーを通じて



MartinさんはdSPACE Koreaの陣頭指揮を執る職務を引き受けられました。韓国へ、そしてdSPACEにたどり着くまでの個人的な経緯を教えてくださいませんか。

私は韓国に2015年から住み続けています。最初の3年間は、BMW社で5番目の国際研究開発施設の設立と管理に携わりました。韓国は世界で最も革新的な国の1つであり、技術的な視点から見て非常に大きな可能性があります。私と家族はこの国に魅了されました。そして、この地にとどまることを決めたのは、Hyundai社から将来のテクノロジーに向けた戦略を練り、Hyundai Motor Groupを世界的なトップテクノロジー企業にするための基盤を作ってほしいというオファーを受けた時でした。そして、今年の初めにdSPACEと初めて協力した際、約15年前にミュンヘンのBMWでモデルベースのソフトウェア開発手法と、それに関連するモデリングガイドラインやツールチェーンの妥当性確認手法を導入した時の懐かしい思い出がすぐに甦りました。当時、私たちはTargetLinkとMATLAB®/Simulink®を組み合わせ、ASIL-C ECU向けの量産コードを生成するという車両開発環境を構築し、大きな成功を収めていたのです。話を現在に戻しますと、私にとって、テクノロジーリーダーを目指す企業を韓国内に設立するのは紛れもなく刺激的な挑戦であり、実に魅力的だと思いました。



dSPACE KoreaのCEOを務めるMartin Wöhrle

#### dSPACE Koreaにおける最優先事項は何ですか。

韓国には、モビリティのデジタル化、電動化、および自動化の分野における技術革新を推進する大規模な助成プログラムがあります。当社の新製品もこれに完全に適合しており、韓国のスタートアップ企業や既存企業に必要なサポートを提供することができます。私たちは現地での市場戦略を練りながらdSPACE本社とも連携することで、顧客志向かつ韓国市場に特化したポートフォリオを立案しつつ、ネットワークの拡大にも取り組みます。

#### dSPACEの韓国のお客様に特別なサポートを提供できそうなのはどのような分野ですか。

私は、韓国で注力すべきは電動化モビリティや自動運転だと考えています。お客様は、グローバル市場での競争力維持のため、これまで以上にデジタル化や仮想化を推進しています。私たちは、専門的なソリューション、エンジニアリングサービス、そして開発のあらゆる段階に対応する確かなサービスにより、韓国のお客様が求める決定的な付加価値を提供します。

#### 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。

韓国で20年以上にわたって扱われ、車両開発において利用されることで大きな成功を収めてきました。しかしお客様の要件は複雑化の一途をたどっており、韓国市場のニーズに合ったソリューションを提供するためには直接サポートを提供できる拠点が必要でした。そこで、私たちはdSPACE Korea Co. Ltd.を立ち上げ、エンジニアリングサービス、コンサルティングサービス、そしてトレーニングやサポートを行えるようにしたのです。これにより、既存のお客様との関係を深めるだけでなく、新たな戦略パートナーシップも展開しながら計画的に韓国市場を開発し、お客様をサポートできるようになりました。

このチームはまだ新しいですが、多くの担当者は既にdSPACEソリューションに習熟しています。これはスタート直後からのスムーズな進捗を望めるでしょうか。

私たちは、長い間当社の販売代理店をしていた企業から20名の営業およびエンジニアリングのエキスパートを迎え入れたため、多くの面で移行は順調です。新しい販売会社には、特にお客様との関係や技術的ノウハウを円滑に移管することができました。そのため、最初から生産性が高く、シームレスな引き継ぎを遂行できています。その一方で、新しくさらに10名の従業員を雇用しており、海外駐在員の専門家を呼び寄せるプランも立てています。

# Powerful Propulsion

複数の世界記録を更新するモーターコンセプトを実現

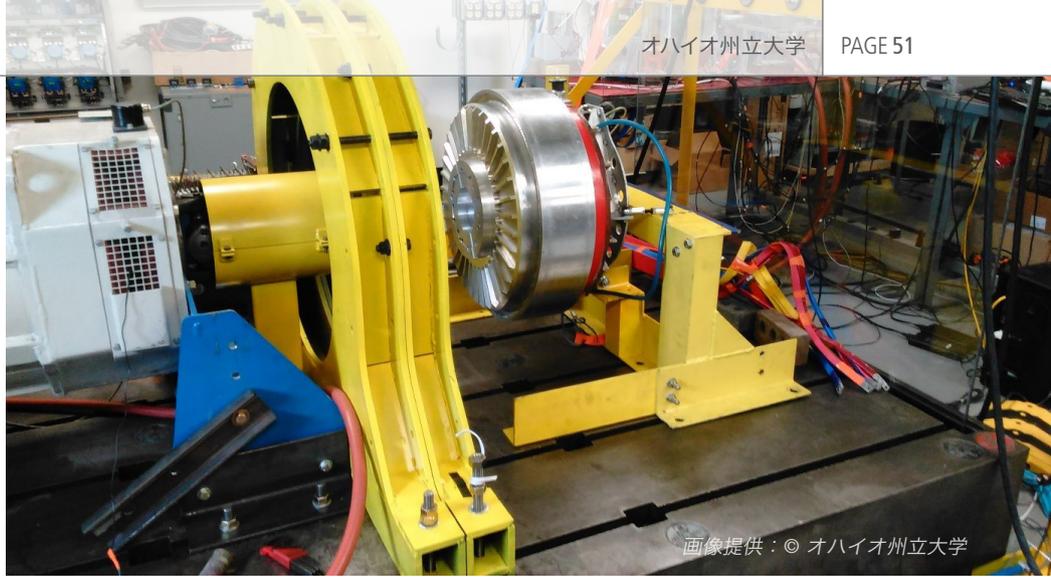
電動化モビリティの限界を引き上げるにはどうすればよいでしょうか。ある研究チームが、従来の AC モーターよりも軽量で効率的かつ安全でありながら、大型旅客機を推進するのに十分な力を発揮する強力な誘導モーターを開発しました。

**オ** ハイオ州立大学の Codrin-Grue Cantemir 博士が率いる研究チームでは、新しいタイプの 10 MW リング型モーターを設計するという難題に挑みました。この新しい設計は、ハイブリッド電動推進システムを新たなレベルへと引き上げ、高パフォーマンス、低燃費および省エネルギーを実現する可能性を秘めています。同チームは、現在使用さ

れているどのモーターよりも 5 倍軽量かつ効率的であるにもかかわらず、大型航空機を十分に運搬できるほどの強力な推進システムを備えたモーター設計を考案し、NASA の研究助成金を受けることとなりました。このモーター設計の特長は、可変断面の巻線を有する独特な形状のコイルであり、コイルと冷却水が直接接触します。これにより、固体導体にありがち

な高周波損失を最小限に抑えながら、高周波でステータ磁界を発生させることができます。これは、ベースメーカーとして動作する誘導モーターと同一の仕組みです。この設計ではサイズを小さくできるため、ハイエンドモーターに最もよく使用されている永久磁石 (PM) モーターよりも軽量でありながら、PM モーターよりも高トルクかつ高出力を生み出せます。





画像提供：© オハイオ州立大学

10-MW リング型モーターコンセプトの小型バージョン (1 メガワット) の様子。一般的に使用される永久磁石 (PM) は使わずにトルクと出力を発生させる独自の機構を備えています。

**テストデモの開始直後から世界記録を更新する結果を実現**

同チームは、1 MW リング型モーターの概念設計バージョンを使用した予備テストにおいて2つの世界記録を打ち立てました。1つ目は絶対正規化連続出力密度に関する記録であり、2つ目は誘導モーターの連続出力密度の記録です。チームは、性能レベルを落として誘導モーターを動作させ、一定の連続出力状態を維持することで、過去の記録を塗り替えました。Cantemir 博士は、「このテクノロジーは最終的に、小型旅客機、中型および大型ジェット機 (737 や 787 など) から平底船や原子力空母に至るまで、ほぼすべての海運用途において、さまざまな形の推進手段となり得ます」と述べています。

(従来の非同期変調ではなく) 一般に同期変調と呼ばれる非常に希少な技術を使用して rpm 範囲の上限を目指すことで、出力レベルを高めることができたと言っています。同チームは、2 台の dSPACE MicroAutoBox を使用して、連続スライド同期変調 (CSSM) 方式と制御アルゴリズムのテストを行いました。dSPACE MicroAutoBox の一方はモーターの制御に使用され、もう一方は負荷 (発電機として動作する別のモーター) の制御に使用されました。

Cantemir 博士は、「dSPACE システムを採用したことで、これら2つの新しい技術を実装し、結果を大いに向上させることができました」とし、「これまで実用化されることがなかったこの新技術の新たな扉を開くことができたのは、明らかに dSPACE ソリューションのおかげです」と述べています。 ■

オハイオ州立大学のご厚意により寄稿

**dSPACE MicroAutoBox で制御テストを実行**

Cantemir 博士は、一般的に高出力モーターはパワーエレクトロニクスが持つ固有の制限の「犠牲者」であるとし、そのため

さらに、このモーターには従来の銅伝導体や電線絶縁が使用されていないため、運転時の安全性が高い水準で保証されます。Cantemir 博士が率いるチームは、アルミニウムが特定の状況で導体材料として優れた効果を発揮することを発見し、モーターに使用する銅をアルミニウムに置き換えました。また、このモーター設計において Cantemir 博士が「画竜点睛」と呼ぶ最大の特長の1つは、このソリューションの配線には絶縁が不要であるという点です。モーターの多くは絶縁が原因で故障するため、この特長には大きな意味があります。



新しい制御アルゴリズムの開発およびテストには、MicroAutoBox が使用されました。

Samar Aidrus, Development Engineer at dSPACE



# 「私のゴールですか？ お客様の電動化モビリティ開発への迅速な切り替えのお手伝いです」

私たちの開発および検証ソリューションは、電動化モビリティに向けたダイナミックな変化が起きているあらゆる現場 — 発電、充電、バッテリー、燃料電池技術から、電気モーターやパワーエレクトロニクス — で使用されています。

dSPACE は、シミュレーションと妥当性確認のパートナーとして、お客様の "e-innovation" をより早く実現します。 [dspace.jp](https://www.dspace.jp)