



# AUTOMOTIVE JOURNAL





# モビリティ革命 の核心

これは複数のテクノロジーが集まって成り立っており、大変大きな革新をもたらしますが、同時に大変難しい課題も生み出します。テクノロジーコンバージェンスによって、自動車のサプライチェーンでは、純粋なハードウェアコンポーネントの複雑さの中で非線形ステップ関数のような、ソフトウェアテストを急いで学ぶ必要に迫られてきました。無線技術の発達によって、車両におけるソフトウェア関連の問題が増え続けている状況を逆転させることができると期待されていますが、テスト用ソフトウェアという課題を単純化するものではありません。

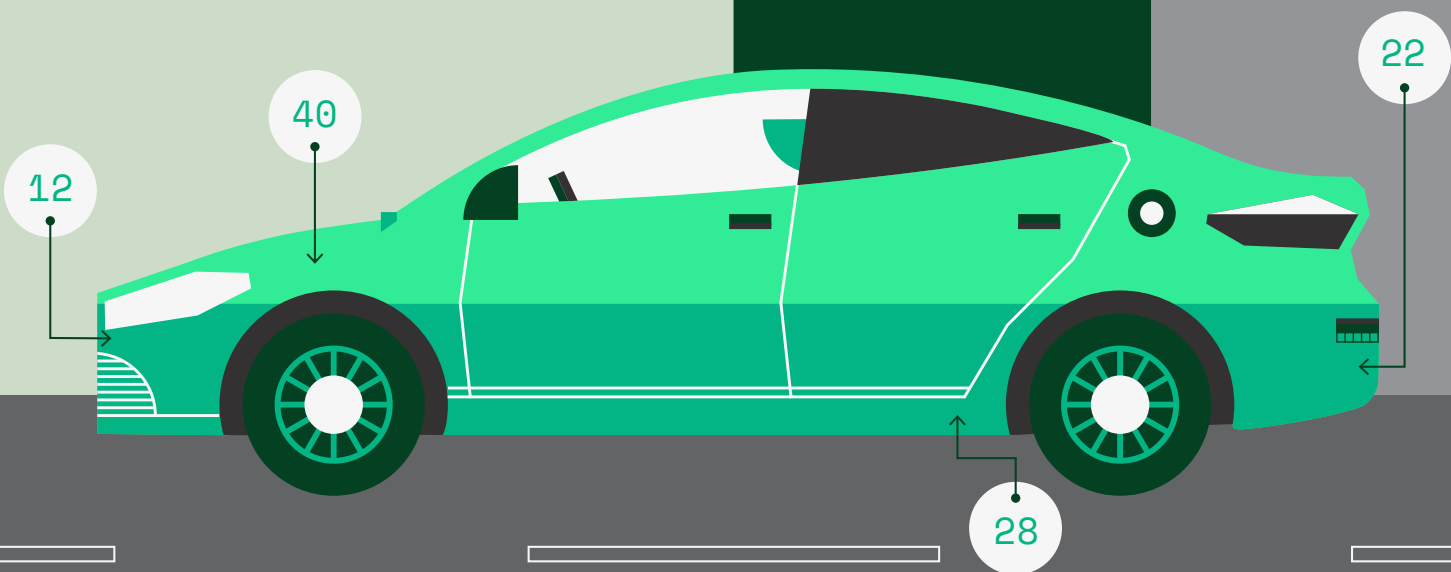
自動車エンジニアは、HIL(Hardware-In-the-Loop)ラボでソフトウェア動作のテストを始めます。ここでは、ソフトウェア関連のシミュレーションをし、さまざまな入力シナリオに対するソフトウェアの応答をテストします。今回の*Automotive Journal*では、スマートなコネクテッドカーのシステム動作をテストする複雑な領域について説明します。NIのモジュール式のソフトウェア接続自動車システムは、ループ内で自動車の電子機器をテストするための理想的なソリューションです。

CHAD CHESNEY

NIトランスポーテーションビジネス担当バイス  
プレジデント兼ゼネラルマネージャ



# HIL(Hardware-In-the-Loop)テストに注目する



04 モデルベースの設計とテスト:  
その方法  
注目の記事

08 自動車の検証におけるテスト  
方法の進化  
ホワイトペーパー

12 ADASテスト用のセンサフュー  
ジョンHIL  
ソリューションの概要

14 モデルベースの設計とテストを  
行うMathWorksとNIのツール  
ホワイトペーパー

18 ハイブリッドクラウド式の  
HIL(Hardware-In-the-Loop)  
自動運転シミュレーション  
ホワイトペーパー

22 将来性のあるTier 1自動車サ  
プライヤ向けHILテストシステ  
ムの構築  
ユーザ事例

26 高精度なHILシミュレーション  
ソリューションの概要

28 オープンなHILプラットフォーム  
の採用で乗り心地を高める  
Volvo  
ユーザ事例

34 テクノロジコンバージェンスが  
もたらす意外な成果  
解説記事

36 SLSCによるHILシステムのアー  
キテクチャの標準化  
ホワイトペーパー

38 VeriStandでHILシステムのあ  
らゆる要素をつなぐ  
インタビュー

40 シミュレーションを使用したEV  
パワーエレクトロニクス設計  
改善  
ホワイトペーパー





# モデルベースの設計とテスト: その方法

百聞は一見に如かずと言いますが、100ページのPowerPointスライドまたは仕様明細よりも1つのモデルのほうが役に立ちます。製品やサービスがより複雑になる現在、モデルベースの設計とテストは一つのパラダイム(作業と思考の方法)です。エンジニアリングと運用のプロセスにおいて、真の理解、明快でありながら詳細なコミュニケーション、そして効率を約束します。

## 作業と思考の方法

技術革新のペースが加速するにつれて、これまで以上に深い理解が必要になっています。自動車の設計とテストに取り組むチームにおいても、さまざまな動作条件で連携して機能させなければならないシステムに、複数の新たなテクノロジーを組み込もうとし

ているなかで、こうした深い理解が必要になっています。イノベーションや革新的設計を生み出す原材料は豊富にありますが、欠陥のリスクはシステムの複雑さと共に急激に高まりつつあります。

大規模で複雑なシステムを作成するには、たくさんの人、戦略、コンポーネントが効果的に連携し合う必要

があります。複雑さが増すにつれて、PowerPointエンジニアリングではもはや十分ではありません。必要なレベルの信頼性を備えた巧みな設計を行うには、設計チーム、テストチーム、ステークホルダーの間で効率的なコミュニケーションを図ることが必要です。そこで注目を浴びるのがモデルです。



モデルベースの設計とテストを推進する支持者は、コンピュータで実行可能なモデルを共通のインタフェースとして使用し、生データを情報や仕様に変換したり、開発プロセスのステージ間でコミュニケーションを図ったりしています。

## 発見と評価

テストでは、発見と評価がその目的になります。発見テストは、エンジニアが検査対象デバイス(DUT)について理解を深め、その動作を予測して改善するのに役立ちます。評価テストは、DUTのデプロイメントと運用に伴う固有のコストとリスクについて意思決定者が対処するのに役立ちます。したがって、テストチームの仕事(チームがテストプロセスで掲げる目標)は、開発、生産、デプロイメントの次のステップを決めるために必要な知識を得ることになります。

## テストのプロセス: 最初に最終目標を念頭に置く

最終目標を念頭に置いたテストプロセスは、エンジニアや意思決定者に情報やインサイトを提供するという点で優れています。

図01は、テストプロセスから情報やインサイトを取り出すための主な手順を示しています。まず、DUTのデータマイ

ニングを行い、出力動作を、入力に適用された刺激に関連付けるデータを見つけてみます。次に、この生データを加工して、DUTの動作を簡潔かつ理解しやすい方法で把握するための情報に変換します。最後に、エンジニアと意思決定者がこれらの情報を基に、DUTの特性と動作について理解を深め、DUTのデプロイと運用に関連するリスクを評価します。

このプロセスはどちらの方法でも有効です。発見が進み、リスク評価が洗練されていくにつれて、必要となる新しい情報が増えていきます。その結果、マイニングプロセスの変更や改善が促進されます。このモデルはテストアーキテクチャの設計と分類に役立つフレームワークです。

このフレームワークを検討する場合、データマイニング機器のセットアップと運用が最大のコストとなります。しかし、データを加工して情報を獲得し、その情報にアクセスして操作するための効率的でユーザフレンドリな手段を提供することで、最大の価値が生まれます。

多くのテストツールに共通する欠点として、データの取得と保存しか重視していないことが挙げられます。有益な情報を取り出して重要なイベントを特定する手段(できれば自動化されたもの)がなければ、多くの場合、使い物にならないデータの山しかチームに提供されず、テストへの投資に失望するだけになってしまいます。

## データマイニング

データマイニングを行うには、DUTの周囲環境をモデリングするコンテキストにDUTを埋め込みます。コンテキスト要素は仮想的なものにすることができます。たとえばDUTを操作するソフトウェアや、周辺ハードウェアなどの物理要素です。DUTのコンテキストをエミュレートするか、実際の(現実の)コンテキストを使用できます。たとえば、DUTが車載用インバータである場合は、テストのコンテキストの一部となっている電気モータを、エミュレートするか、テストベンチに物理的に設置するか、実際の自動車に組み込むことができます。

テスト設計では、テストのコンテキストを最も適切に再現するアプローチを決める必要があります。従来のテストアーキテクチャでは、多くの場合、DUTをエミュレートされたコンテキストに組み込みます。刺激信号を適用して応答を測定するテストベッドにDUTを追加します。このアプローチはテスト条件を自由に作成できるものとして実証されていますが、コストがかかり、拡張性がない場合があります。

通常の運用中にデータマイニングを行うための組み込み機能を備えたDUTを設計する、テスト設計パラダイムなどの別のアプローチを検討してください。または、シミュレーションベースのテストパラダイムをモデルと共に使用して、開発プロセスの早い段階から、はるかに低コストの仮想ドメインでテストを行うこともできます。

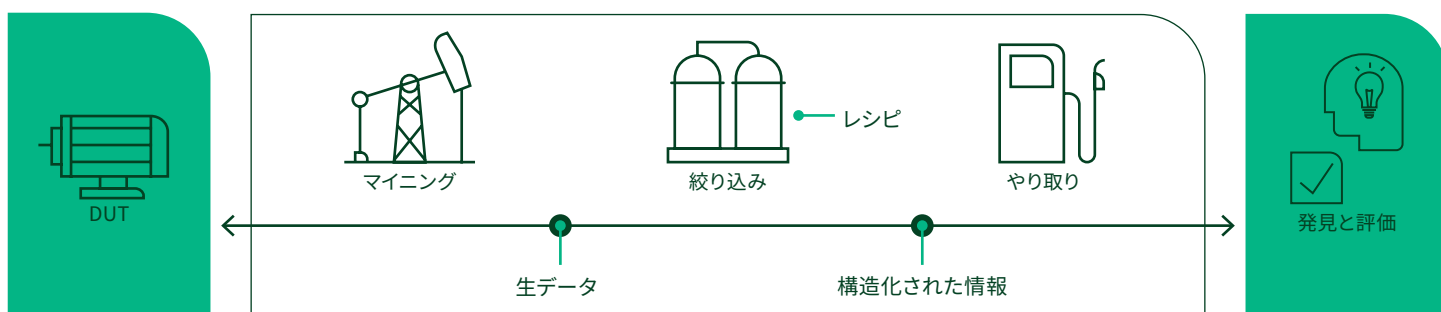


図01

テストプロセスとは、検査対象デバイス(DUT)でデータマイニングを行い、得られたデータを情報へと変換して、エンジニアや意思決定者が発見やリスク評価に使用できるようにすることです。



代替テストパラダイムは、テストプロセスにおける<1>コスト構造の最適化や再編を狙いとしています。従来のテストアプローチでは、「マイニング機器」への設備投資や運用の面で重大な問題を招くことがよくあります。代替マイニング戦略では、テストに伴う投資が大幅に少なくなる可能性があり、したがって業界の現状を打破するものとして実証されています。

絞り込み

データマイニングが完了したら、有益な情報に「加工する」必要があります。モデルは、生のテストデータに意味を持たせるうえで重要な役割を果たします。モデルには過去の経験が、将来の動作の予測に役立つような形で保存されています。モデルは、DUTの計測データを圧縮し、DUTの動作を予測するためのテンプレートです。

別の言い方をすれば、モデルとは知識と予測を伝達可能な形で表現したものです。この理由からモデルは「デジタルツイン」とも呼ばれています。デジタルツインとは、物理システムとそこから生成されるデータストリームをデジタル側で再現したものです。

優れたモデルは、理解の質を高め、不確実性を減らして、DUTの動作を予測可能にするのに役立ちます。テストプロセスのコンテキストでは、発見プロセスの一部として適切なモデルトポロジの設計を行います。モデルの特

定と評価(シミュレーション)は、対象のコンテキストにおけるDUTのデプロイメントの結果を評価するのに役立ちます。

やり取り

モデル(デジタルツイン)はその性質上、テストの結果をまとめてプラットフォーム間でDUTの情報を取得する方法として優れています。このことは、部門ごとに使用しているプラットフォームやツールチェーンが異なる場合が多い大規模な組織において、コミュニケーションを改善するのに役立ちます。

こうした異なる環境で同じ一連のモデル方程式を実装することにより、チームどうしで一貫性のある実行可能な方法で情報を交換できるようになります。たとえばテストチームにおいて、モデルをFPGA上で実装してリアルタイムの評価やモデルパラメータの調整を行っている場合があります。システム設計チームは、CPUベースのファンクショナルモックアップユニットの実装としてモデルとパラメータセットを「ダウンロード」し、オフラインでのシステムレベルのシミュレーションに使用することができます。このアプローチでは、テキストやスプレッドシートを介して情報を交換するよりもエラーが少なくなります。

その方法

モデルベースの設計とテストは、チームがDUTの複雑さの増大に対応したり、プログラムの積極的なスケジューリングに対応したりするための手段です。こうした作業と思考の方法を採用することで、組織に変革をもたらし、テストが競争上の強みになるような広範囲にわたる強力な成果が得られます。

作成者

NATE HOLMES  
NIパワートレインテスト責任者

PIET VANASSCHE  
NIチーフエンジニア

デジタルツインはコンピュータで実行可能なモデルであり、プロセスや組織のさまざまな部分をつなぎ合わせるのに役立ちます。デジタルツインでは、要件、予測、測定結果を要約し、実行可能な方法で伝達します。

| R&Dテスト  | 確認と検証                               | 自動製造テスト  | デプロイメントテスト   |
|---|-------------------------------------|--|--|
| シミュレーション(仮想)テストと物理テストの結果を比較して、DUTのモデルトポロジを学習し検証します。 | 多数のDUTのDUTモデルパラメータを抽出し、モデル統計を学習します。 | 各DUTのモデルパラメータを抽出し、DUTパラメータが想定範囲内にあるかどうかを確認します。 | DUTの状態監視と大規模なDUTデータマイニングを組み込みます。その際、モデルトポロジの加工とパラメータの知識を使用します。 |

TBL 1 | モデルは、設計とテストを通じて共通言語を提供できます。







# 自動車の検証における テスト方法の進化

V字モデルは何十年もの間、設計と検証のための事実上のアプローチとなっています。

自動車メーカ各社は、CASE(connected(コネクテッド)、autonomous(自動化)、shared(シェアリング)、electric(電動化))を指向した新しい車両を設計していますが、複雑さが増すなかで、妥協のない安全性を確保するためにテスト要件をより厳しくする必要があることから、設計とテストの一部がV字モデルの左側にシフトしつつあります。こうしたシフトを推し進める要因となっているのは、車両で実行される大量のソフトウェア、テスト対象となる多数のユースケースや未知事例、そして、車両で必要とされる継続的なソフトウェア更新の必要性です。

テストの観点からV字モデルを考えると、左側にシフトすることによって生まれる利点と課題について理解を深めることができます。

## 自動車におけるV字モデルのバリエーション

以前の自動車は機械的でしたが、今後は自動車にとってもソフトウェアの時代となります。自動車企業は開発とテストの「フロントローディング」を行っており、仮想プロトタイプの利用率を高めることで課題に対応しようとしています(図01)。

V字モデルのアプローチは各社でさまざまですが、企業は、テストカバレッジを増やししながら、より安全で、高速で、再現性の高いテストを行えるようにするため、シミュレーションやラボテクニックに注目しています。これにより、依然として必要とされる路上テストのコスト、時間、カバレッジが最適化されます。

経験や研究が示すように、シミュレーションやラボ環境で実施するテストの数を増やすと次のようなメリットが得られます。

- より多くのテストケースを、より短時間で実行できるため、テストカバレッジが増える
- より多くの欠陥事例をテストすることで信頼性が高まる
- 高度なオートメーションやテストの総コストの減少によりコストが削減される
- テストの再現性が高まるため、製品の特性評価が向上し、トレーサビリティが改善する

ただし、それぞれの環境(シミュレーション、ラボ、路上テスト)で実装するテストの数を再調整して左側にシフトしていくことは、引き続き困難な取り組みとなっており、企業は依然として対応に追われています。

## シフト実現の課題

シフト実現のための正しい方法というものはありませんが、一般に人、プロセス、テクノロジーの間には、複雑な相互関係を伴う一連の共通の課題が存在します。

これらはそれぞれ、テスト戦略を定義する前の全体的な評価を行う際に、注目すべき要素となります。この記事では、MIL(Model-In-the-Loop)、SIL(Software-In-the-Loop)、HIL(Hardware-In-the-Loop)、VIL(Vehicle-In-the-Loop)、DIL(Driver-In-the-Loop)の各テストから実世界のテストに至るまでのテスト技術を中心に説明します。



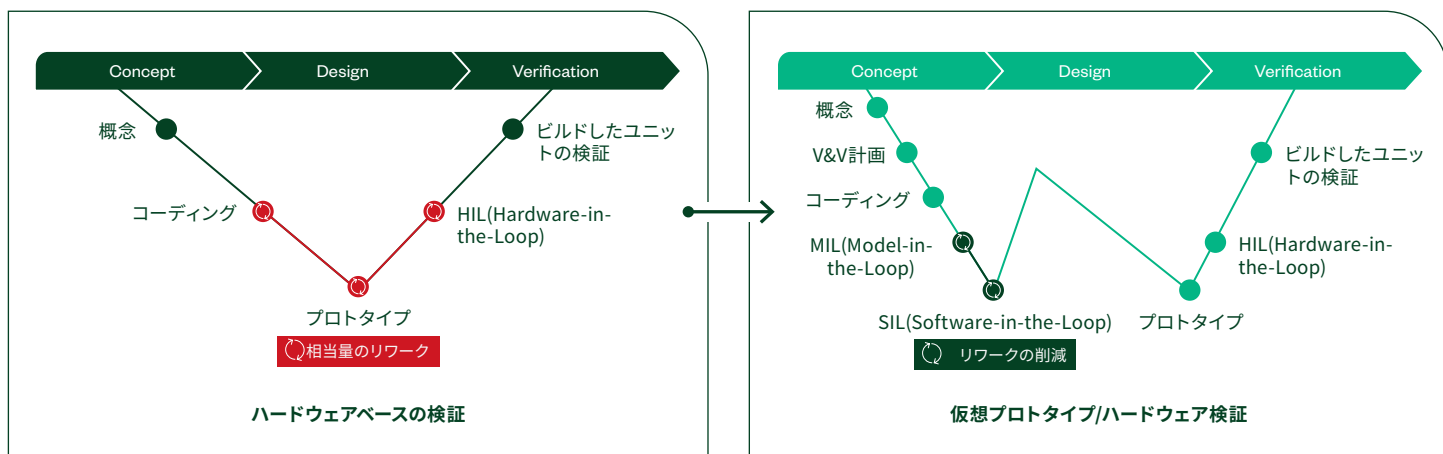


図01

リワークの削減や開発のフロントローディングを図るには、テストの迅速な反復を可能にするソフトウェアとデータのツールチェーンが必要です。

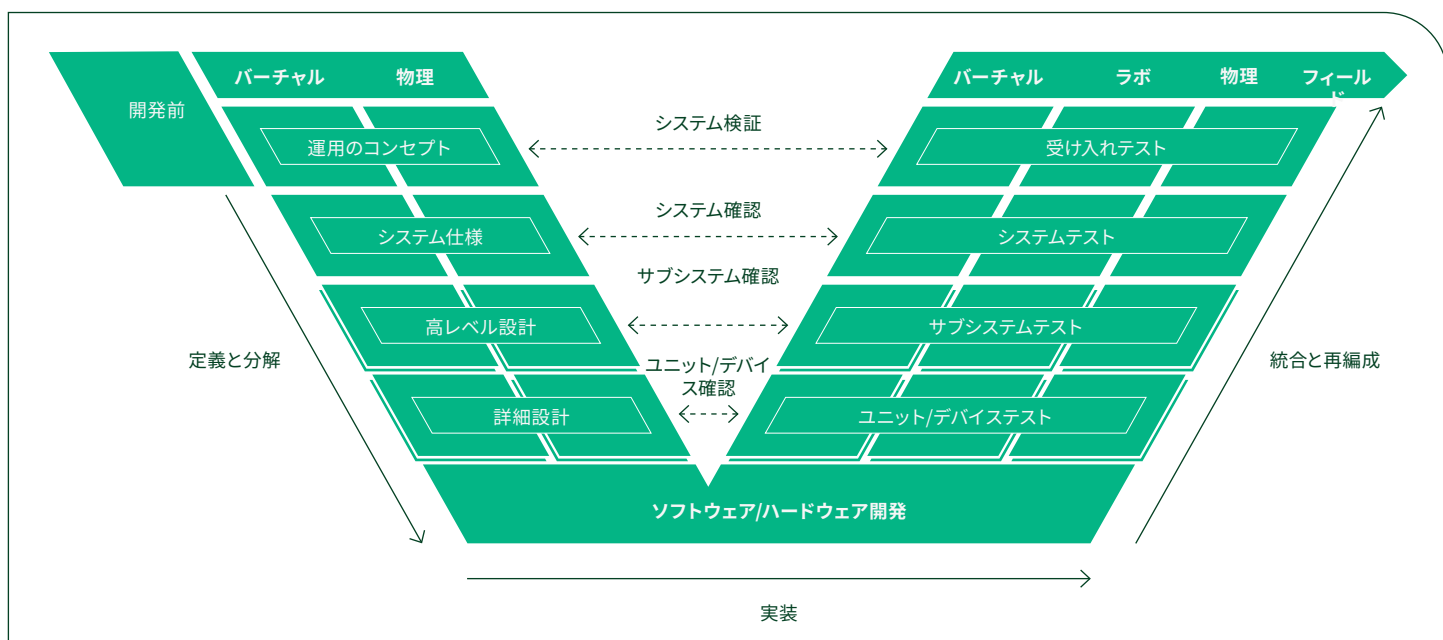


図02

V字モデルを展開してテスト実施のタイミングを示し、左側にシフトする機会を特定するのに役立てることができます。

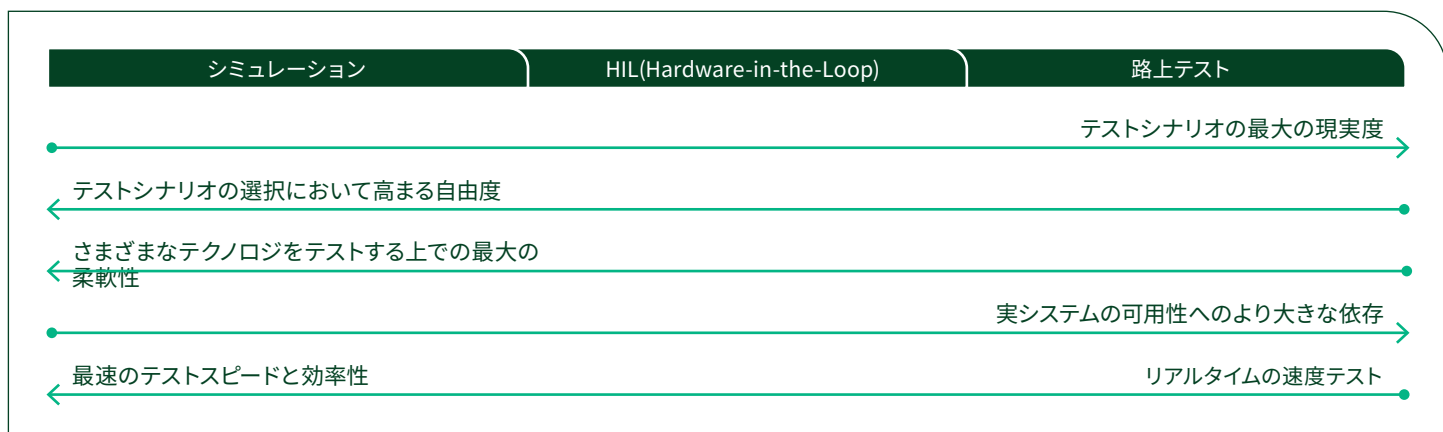


図03

この連続体は、さまざまな段階におけるテストのトレードオフとメリットを示しています [©WMG, The University of Warwick, 2018]。



V字モデルの設計とテストの側(仮想vsラボvs物理)(図02)に注目することで、シフト実現の機会を見つけることができます。まず、可能な限り多くのテストをカバーしながら、テスト環境(図03)に応じて対象とする変数を検討し、それらの変数が、現実世界での試験に移行するという決定にどれほどの影響を及ぼすかを考慮する必要もあります。

シフトを実現するテクノロジーを利用するにあたって、次の3つのヒントが役に立ちます。

## 01 テストコンポーネントの再利用

テストコンポーネントを再利用することで、さまざまなステージ間のリワークが最小限に抑えられ、設計とテストのプロセスの統合度を高めることができます。VeriStandなどの適切なテストソフトウェアを利用すると、コンポーネントテストから統合テストに至るさまざまなループ内ステージにわたってテストモジュールを適用できます。

今回のジャーナルの28ページで紹介しているVolvoの事例のような場合は、オープンなテストアーキテクチャを採用することで、テストケース、機器、エンジニアリング開発を再利用でき、将来性のあるテストシステムを実現して納期と品質基準を満たせることを示しています。

## 02 データの使用の向上

テストデータが急増するなかで、それらのデータを次の目的に使用する必要があります。

- すべての環境において、より幅広い、多角的な、複数プロセスの観点でテストを捉えることにより、テストカバレッジについての理解を深める
- より良いシミュレーションと統計モデリングを実装する
- テストケースの生成を自動化し、不要なテストの再実行を排除する
- 最終的な欠陥(リコール)のリスクを軽減する
- 人工知能、機械学習、その他のデータ中心型テクノロジーの使用を可能にする

さらに、グループ間のコミュニケーションの橋渡しとしてデータを利用することで、意思決定やコラボレーションを向上させることができます。

## 03 現状の理解

どのような取り組みにおいても、テストの方向性同様、テストの出発点も知る必要があります。コンセプトは単純で、図04に示す赤い領域にあるリワークから離れることです。

シフトを実現するには、自己批判的な態度で多数の専門分野について把握し、データ主導で事を進める必要があります。困難な取り組みだと言わざるを得ません。しかし、最初のステップとして共通しているのは、次のことを自問して、現在テストシナリオでのバランスがどのようなものかを考えることです。

テストシナリオのうち、シミュレーション、HIL、再生、路上テストに該当するのはいくつあるだろうか。

シミュレーションやHILにシフトするテストを多くすればするほど、開発とテストの段階をより速く進展させることができるでしょう。

## 成功のための体系的なアプローチ

何もしないことがもたらすコストを考慮する必要があります。明確な戦略を盛り込んだ体系的なアプローチがなければ、同じパターンに従い、同じ結果を生むというリスクを負うことになります。最初に既存のプロセスを調べ、最適化の領域と主要業績評価指標を決め、最初に何に取り組むかを戦略的に決定することにより、それぞれのステップで長期的な成功の可能性が高まります。

NIが提案するテスト方法、テクノロジー、コンサルティングチームを活用すれば、最初のステップの実装から、最終的に自動運転車を現実化するというビジョンの実現まで、あらゆるテストを改善することができます。

## 作成者

ASHISH NAIK

NI事業開発マネージャ

VIGNESH RADHAKRISHNAN

NIソリューションアーキテクト

ARTURO VARGAS-MERCADO

NI ADASソリューションマーケティングマネージャ



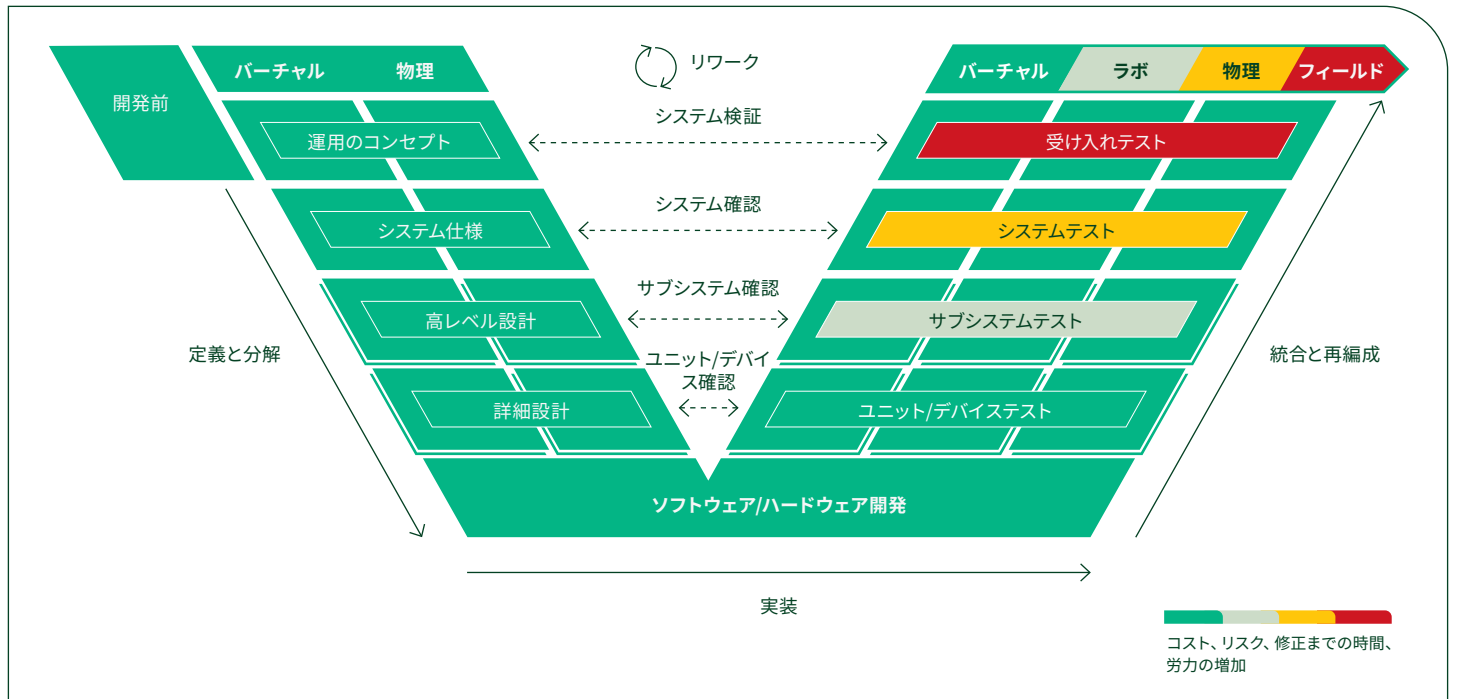


図04  
さまざまな段階でリワークが生じると、時間とリソースの浪費が不釣り合いなほど増大するレッドゾーンに陥る可能性があります。



# ADASテスト用の センサフュージョンHIL

先進運転支援システム(ADAS)や自動運転車(AV)のコントローラを検証するには、シミュレーションからセンサデータの記録と再生に至るすべての面で、複数のツールを統合する必要があります。より短い時間枠と限られた予算で、必要な信頼性と安全性のレベルを達成するため、業界ではテスト作業をシミュレーションとラボのシナリオへと急速に移行しつつあります。これらの効果を発揮させるためには、すべてのツールをV字モデル全体で連携させる必要があります。環境シミュレーションツール、データ記録と再生システム、将来のADASセンサとの相互運用性を図るための統合ツールチェーンは、HIL(Hardware-In-the-Loop)テストシステムの開発を効率化し、カバレッジと信頼性を高めます。

## 顧客のニーズ

### 01

ハードウェアI/Oを、IPG CarMaker、Ansys VRXPERIENCE、Vires VTD、Simcenter Prescan by Siemens、monoDriveなどの環境シミュレーションツールと安心して統合する。

### 02

同期を取ってI/O信号を生成し、ADASコントローラと通信させる。タイミングを厳密に制御することで、フレームの遅延や位相のコヒーレンスといった欠陥をテストできる。

### 03

カメラ、レーダ、LiDARなどのI/Oタイプがシステムに継続的に追加されることを考慮し、将来のI/O要件に対応できる柔軟性を維持する。

## NIの ソリューション

### 01

VeriStandリアルタイムテストソフトウェアは、サードパーティの幅広い環境シミュレーションツールと統合できるため、テストに最適なツールが選択可能。

### 02

NI PXIモジュール式ハードウェアは、無線レーダ信号、カメラ信号、車両バストラフィック、汎用I/Oを生成し、ハードウェアとソフトウェアの障害検出機能、ナノ秒同期、タイミング制御を提供。

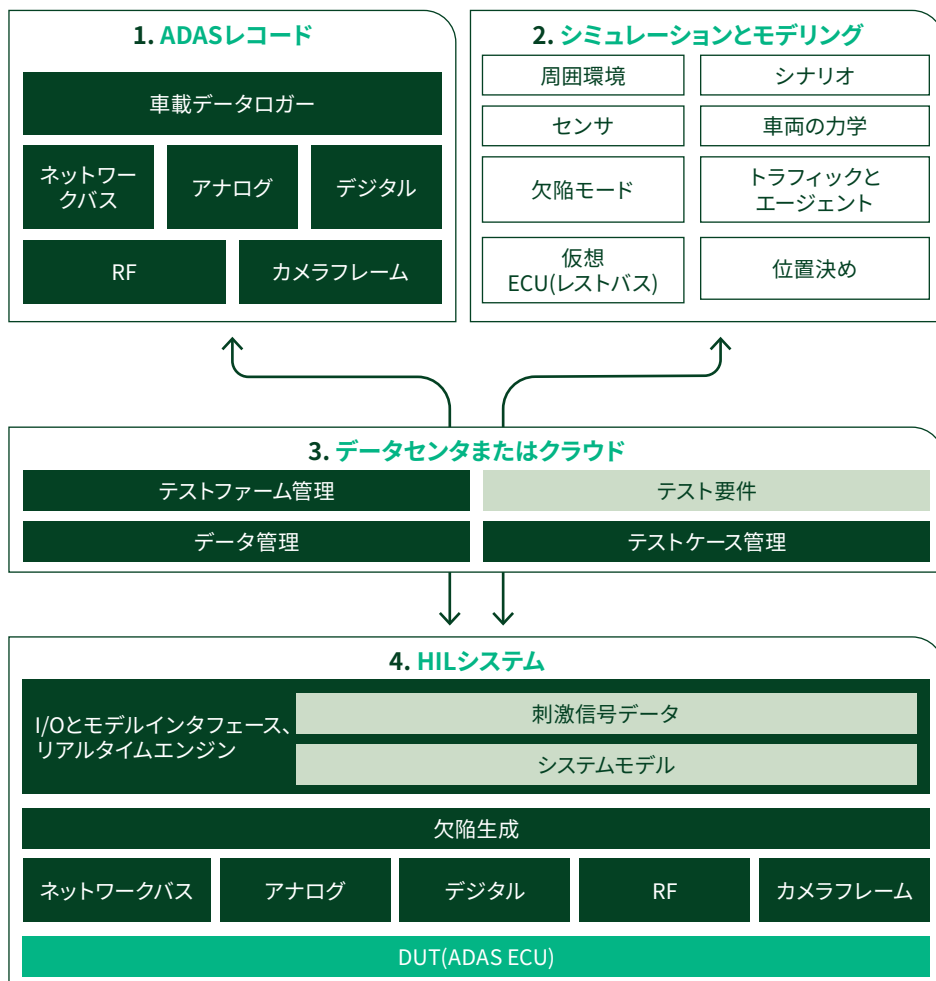
### 03

タイミングとストリーミングに対応したNIのオープンソフトウェアとPXIのパフォーマンスにより、生のセンサデータの記録と再生、欠陥生成、新しいテストシナリオの実行の高速化が可能。

## NIが選ばれる理由

- NIのツールチェーンを通じて設計から検証までの作業を強化することで、開発が迅速化されます。
- 任意のモデリングソフトウェアから得られるシミュレーションを統合し、シミュレーションからラボに移行する際にさまざまなソースからの信号を注入することで、テストカバレッジが最大化されます。
- NIの幅広いI/Oを利用して、カメラインタフェースの変更、ビットストリームエラーの注入、レーダセンサのテスト、新しいセンサタイプの追加を行うことで、コスト、開発時間、またはハードウェアを大幅に変更することなく、要件に合わせた拡張ができます。





Hyundai Autronが  
NIのテクノロジーを使  
用してADAS検証テ  
ストを実施

83% 高速化

ハードウェアとソフトウェアの統合

30% 削減

保守コストの削減

## システムコンポーネント

### 01 高帯域データ記録

ADASセンサから得られる同期された生データを高い忠実度で大量に記録し、ローカルやクラウドベースのストレージにストリーミングして再生します。

### 02 シミュレーションとモデリング

NIのソフトウェアを、任意の専用のシミュレーションとモデリングソフトウェアに接続し、ADASエンジンコントロールユニット(ECU)のHIL検証時におけるテストケースとシナリオを増やします。

### 03 データセンタまたはクラウド

テストを管理する目的で、テストデータ、要件、ケース、システム情報を、ローカルのデータセンタまたはクラウドサービスに直接アップロード、保存、取得します。

### 04 HILシステム

必要なI/Oを、NIの幅広いポートフォリオからADAS ECUに接続し、クラウドからピンに至るまでADAS HILの統合を完成させます。



# モデルベースの 設計とテストを 行うMathWorksと NIのツール

開発プロセスでは、特定の時点で、設計中のものを実際に作成して見る必要があります。設計を現実の世界で実装する必要があります。そのためには、設計ツールやシミュレーションから離れてプロトタイプ  
の物理テストに移行し、デプロイした組み込みソフトウェアを実行する本番用ハードウェアへと移行する必要があります。複雑化が進む製品を意図どおりに機能させるためには、シミュレーションのドメイン(設計の世界)と物理ドメイン(テストの世界)との間で効率的な移行をすることが非常に重要です。

## MathWorksとNIによるモデルベースの設計と テストのワークフロー

MathWorksとNIはモデルベースのワークフローについて協力して取り組んでおり、障壁を取り除き、設計とテストの間の効率的な移行を促進しています。MathWorksが提供しているSimulink®、Simscape™、Powertrain Blockset™、Vehicle Dynamics Blockset™などの設計とモデリング用のツールを、NIが提供しているLabVIEW、LabVIEW FPGA、VeriStand、CompactRIO、PXIなどのI/O接続シミュレーション用のソフトウェアやハードウェアと統合しています。設計とテストの統合されたワークフローにより、チームは製品開発プロセスの早い段階にテストを移行し、製品の反復の速度と頻度を高めることができます。これにより、最終的に製品の品質が向上し、プログラムの総支出が削減されます。

従来の線形の開発プロセスでは連携が十分でなく、プロセスのステップと設計ドメインとの間に壁が存在します。統合とテストの段階になって初めて問題が顕在化します。その段階までシステムを統合することがないためです。その結果、エラーの検出が遅れ、修正にコストがかかります。

モデルベースの設計では、システムコンポーネントをモデリングし、システムの各部分をシミュレーションし、統合されたシステムモデルを使用して設計空間を探索します。設計プロセスのかなり早い段階で統合システムを評価できます。この場合、問題の検出にかかるコストが少なく、設計の反復をはるかに速く行うことができます。シミュレーションにより、設計プロセスのすべてのステップでテストと確認を組み込む手段が提供されます。



## 電気自動車のパワートレインテストにおけるモデルベースの設計

モデルベースの設計を必要とする応用分野の1つに、電気自動車(EV)のパワートレインの設計があります。パワートレインの電動化により、さまざまなハイブリッド車の設計が可能になります。設計で考えられるすべての配列を評価するにはモデルベースの設計が必要です。コンポーネントをシミュレーションすることで、仮想の設計調査を行って車両のアーキテクチャを比較できます。設計の候補ごとにプロトタイプを作成するという、時間とコストのかかるプロセスは必要ありません。

「EVのパワートレイン設計では動作を正確にシミュレーションするために複雑なモデルを非常に高速で実行する必要がありますが、MathWorksとNIのそれぞれの強みが補完することで、こうした応用分野の作業を促進させることができます。設計段階からモデルを活用することで、モデルベースの設計の利点がテストのワークフローにまで広がります。」

**Paul Barnard**  
MathWorksデザインオートメーション担当マーケティングディレクター

### Powertrain Blocksetを使用した設計調査

MathWorksでは、パワートレインや車両システムのモデリング採用の障壁を下げるために、Simulinkの拡張機能としてPowertrain Blocksetを開発しました。システムモデルの

構築に着手している企業にとっては、Powertrain Blocksetを通じてオープンでドキュメント化されたフレームワークが提供されます。このフレームワークには、HIL(Hardware-In-the-Loop)テストシステムと連携して機能するように設計された優れたプラントモデルやコントローラモデルが含まれています。Powertrain Blocksetのブロックライブラリと作成済みのリファレンスアプリケーションを使用して、既存のシステムモデルを強化することができます。

次の一般的な設計フローに従ってください。

#### 01

まずはリファレンスアプリケーションを選択します

#### 02

プラントモデルをカスタマイズします。これには、コンポーネントのパラメータ化、既存のサブシステムのカスタマイズ、独自のサブシステムバリエーションの追加が含まれます

#### 03

必要に応じて、コントローラモデルをカスタマイズしてコントローラをテストします

#### 04

テスト対象のコントローラを統合します

#### 05

MIL(Model-In-the-Loop)、SIL(Software-In-the-Loop)、HIL(Hardware-In-the-Loop)のテスト方法を使用して、閉ループシステムテストを実行します

## テストへの移行: ループをリアルタイムで閉じる

最後のステップである閉ループシステムテストの実行中は、MathWorksとNIのツール間の統合ワークフローを活用できます。コントローラモデルとプラントモデルをテストする準備が整ったら、正確なシミュレーション結果を得るために、リアルタイムでループを閉じることができるシステムにそれらを統合する必要があります。これは、特に主機インバータやモータのような高速な力学的動作を特徴とするモデルをテストする場合に当てはまります。

MathWorksのモデルをNIのシステムに実装して実行するには、いくつかの方法があります。デスクトップシミュレーションを使用する方法、開発コンピュータのリアルタイムコントローラで低速から中速で実行する方法、またはハード決定論を使用してFPGAで非常に高速に実行する方法があります。

モデルをどこで実行するかは、モデルの複雑さや必要なシミュレーションの忠実度によって異なります。車両の力学モデルやコントローラモデルは、多くの場合リアルタイムコントローラで実行できますが、一方でモータやパワーエレクトロニクスのモデルについては、シミュレーションを十分忠実に再現し、有用な確度の性能特性が得られるように、通常はFPGAで実行する必要があります。

また、リアルタイムコントローラで実行しているモデルをFPGAで実行しているモデルに接続し、I/Oと同期させてHIL(Hardware-In-the-Loop)テストを実行することもできます。この場合は、組み込みソフトウェアを実行する実際のコントローラを利用し、I/Oラインと通信バスに欠陥生成してテストを行います。

MathWorksとNIのツールチェーンを組み合わせることでモデルベースのワークフローを実装することで、EVのパワートレインテストなどの複雑な応用分野でテストの向上と迅速化を図ることができます。

## 作成者

NATE HOLMES

NIパワートレインテスト責任者









/Autonomous  
/Sensing  
/Communication  
/Battery  
/Navigation  
/Mirrorless  
/Ecology

## Self-Driving

Amazon Web Services、Dell Technologies、NI  
は協力して、ADAS/AD開発に向けたテスト済みの  
ハイブリッドアプローチを提供することができます。  
これにより、エンジニアはクラウドベースサービスの  
柔軟性とスケーラビリティ、オンプレミスインフラストラ  
クチャのパフォーマンス、HILテストの確度といっ  
た、最高のソリューションのすべてを活用できます。



# ハイブリッドクラウド式の HIL(Hardware-In-the-Loop) 自動運転シミュレーション

自動運転車を市場に送り出すことは驚くほど複雑な作業であり、多くの可動部品を慎重に調整する必要があります。センサデータのキャプチャはその始まりにすぎず、最終的なソリューションのテストも重要な段階の1つにすぎません。大量のデータを中核に据えながら、フロー全体を開発する必要があります。

Amazon Web Services(AWS)、Dell Technologies、NIの協力のもと、先進運転支援システム(ADAS)/自動運転(AD)開発に向けたテスト済みのハイブリッドアプローチを提供することができます。これにより、エンジニアはクラウドベースサービスの柔軟性とスケーラビリティ、オンプレミスインフラストラクチャのパフォーマンス、HIL(Hardware-In-the-Loop)テストの確度といった、最高のソリューションのすべてを活用できます。新しいこのハイブリッドクラウドHILアーキテクチャでは、ツールの不適切な選択、インフラストラクチャコンポーネントの不一致や機能不足によって生じる課題を回避できます。

## 自動車向けAWS

AWSが提供するほぼ無制限のストレージ、コンピューティングキャパシティ、そしてディープラーニングフレームワークのサポートにより、自動運転車のデータの収集、取り込み、保存、分析が可能になり、本格的な自動運転車の開発が容易になります。Apache MXNet、TensorFlow、PyTorchなどのディープラーニングフレームワークによって、アルゴリズムのトレーニングとテストが加速されます。AWS IoT Greengrassは、機械学習推論機能を備えたエッジコンピューティングを提供するもので、データをクラウドに送信するコストを最小限に抑えながら、車両内のローカルルールやイベントをリアルタイムで処理します。

## NI PXIハードウェア

HILテストは、あらゆるADAS/AD設計フローにおいて重要なステップです。HILテストでは、オンザフライで生成された合成センサデータをストリーミングする場合でも、実世界からセンサデータをストリーミングする場合でも、従来のパブリッククラウドでは利用できないカスタムの物理ハードウェアが必要になります。

ADASセンサから記録したフィールドデータをラボで再生することで、運転をシミュレーションでき、テストの再現性とテストカバレッジを向上させることができます。レンダリングされた3Dシーンは、実世界用に設計されたアルゴリズムにより誤って解釈されてしまうことがあるため、テストには実際の記録データの使用が適しています。再生アプリケーションでのタイミングは非常に重要です。NIの再生システムが提供するタイミングと同期はきわめて正確であり、実世界で発生したかのように、認識アルゴリズムがセンサデータを確実に受信します。

シーン生成ツールをハードウェアI/Oと統合し、ADASコントローラ上のセンサフュージョンや意思決定アルゴリズムを検証するためのシミュレーションシナリオを再生できます。あらゆる先進の環境シミュレーションソフトウェアツールからシーンを生成することで、具体的なテスト要件を満たすシナリオを作成できるため、テストカバレッジが向上します。オープンなソフトウェアアーキテクチャにより、アプリケーションに最適なシミュレーションツールを使用できます。

## Dell EMC PowerScale ネットワーク接続ストレージ

PowerScaleは、ADASの開発が実証済みのエンタープライズ向けネットワーク接続ストレージソリューションであり、パブリッククラウドとオンプレミス間でHILテストのギャップを埋めるものです。大量の同時実行と低レイテンシを実現するように設計されたPowerScaleは、センサデータをHILテストトリグにストリーミングする場合など、パフォーマンスが重要でタイミングの影響を受けやすいADASワークロードに最適です。

PowerScaleに搭載されているPowerScale OneFSオペレーティングシステムは、ADASセンサデータの管理(世界規模のデータ追跡やAmazon S3バケットとの間の移動など)を行うためのDataIQテクノロジーを提供します。ADASの開発において変更は避けられないものであり、車両の動作が完全な自律化に近づくにつれて、パフォーマンス要件の予測がさらに困難になります。こうした現実を踏まえて、Dell TechnologiesではPowerScaleの設計にあたり、容量とパフォーマンスをプロジェクトと共にシームレスに拡張すること、投資収益率の最大化に必要な柔軟性を提供することを目的としました。

## AWS、Dell Technologies、NIのメリット

ADASの開発を成功させるためには、急激に増大するセンサデータに対応できる拡張性を備えたソリューションが必要であり、それらのデータを活用するためのコンピューティング要件が必要です。オンプレミスかクラウドかに関わらず、開発は車内から始まりデータセンタにまで広がります。データセンタのインフラストラクチャでは、大量の並列データや並行データの取り込みのほか、人工知能、機械学習、ディープラーニング、さらにはMIL(Model-In-the-Loop)、SIL(Software-In-the-Loop)、HIL(Hardware-In-the-Loop)の各ワークロードをサポートする必要があります。

HILハードウェアプラットフォームは特にインフラストラクチャに対してシビアです。データフレームが1つドロップすることも、データがマイクロ秒単位まで正確に同期しないことも許されません。AWS、Dell Technologies、NIのパートナーシップにより、HILハードウェアを含むインフラストラクチャはこうした厳格な要件を満たすように設計されています。こうした事実を知っているエンジニアは安心して作業に取り組むことができます。

## 作成者

**BRYAN BEREZDIVIN**

AMAZON WEB SERVICES BDMストレージ-自律システム担当

**LAWRENCE VIVOLO**

DELL TECHNOLOGIES、自動車部門シニアビジネス開発マネージャ

**NICHOLAS KEEL**

NI ADAS/AV担当オファリングマネージャ

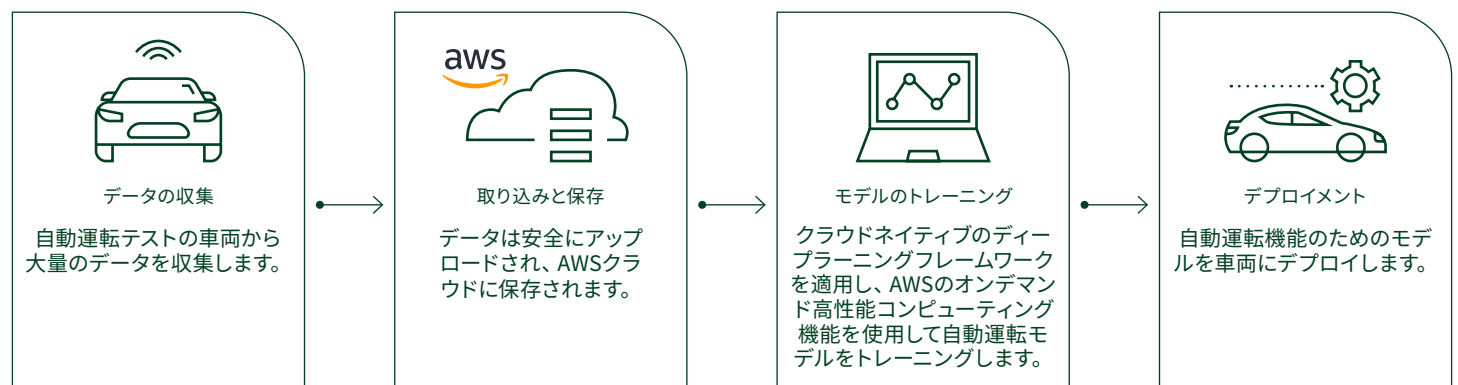


図01

AWSが提供するこのサービスパッケージは、パブリッククラウド上のADAS/ADをサポートします。

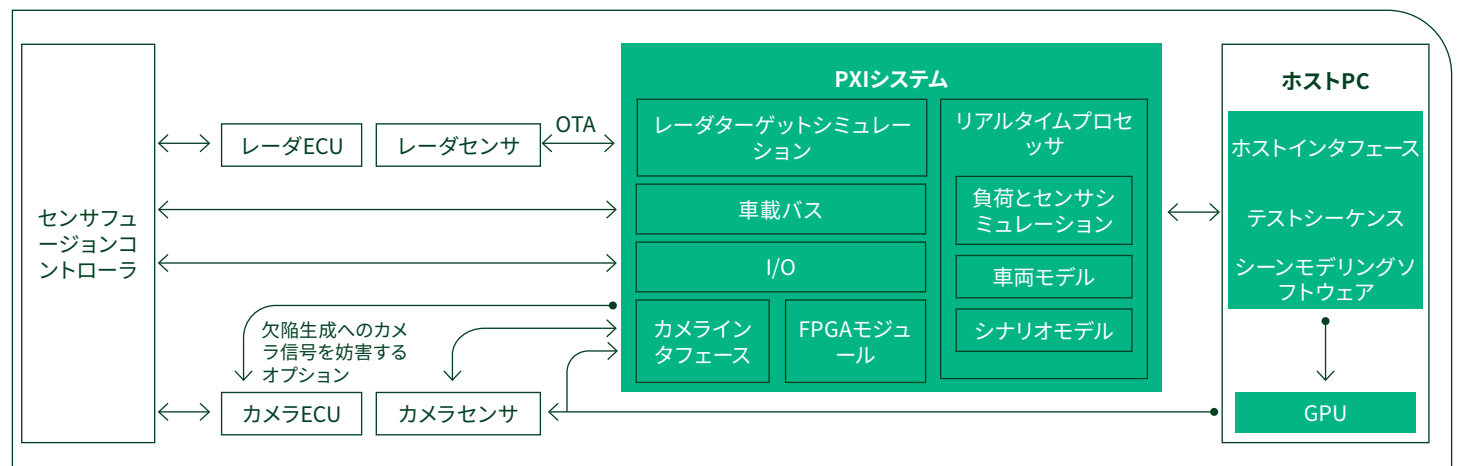


図02

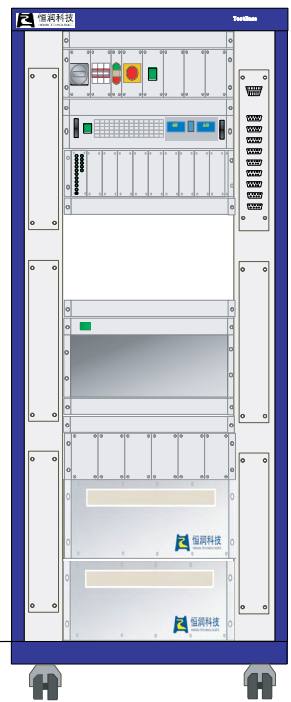
PXI HILシステムアーキテクチャを使用してアクティブなセーフティシステムをテストします。





# Test Items for IVI System

- Function Test: Logic function test for sensors and switches
- Network Test: Bus logic interactive test/ sleep and wake test/ fault diagnosis test
- Power Adaptability Test: High/low level of power test、 working and static current test
- Integrated System Test: Interactive test , regression test , durability and stability test
- Interface Logic: Radio Settings , Navigation Settings , Other Parameters Settings
- Performance Endurance: Repeat Operation , Pressure Test , Long Standby , Response priority





「NIの  
PXI、SLSC、VeriStand  
などのテクノロジーのおかげで、顧客の固有のニーズに対応する複雑なHILテストシステムを10週間未満で設計、構築、構成できるようになりました。」

Ondřej Hála

チェコ共和国、有限会社AKKA STIおよびTME担当チームリーダー

## 課題

AKKAでは、時間とコストの厳しい制約の中でプロジェクト固有の顧客要件を満たすために、HIL(Hardware-In-the-Loop)テストシステムを設計し納入する必要がありました。

## ソリューション

私たちはNIの適応技術をベースとしてHILテストシステムを構築しました。PXIハードウェアを、構成可能なI/Oスロットを備えたリアルタイムのコンピュータとして使用し、測定を行います。スイッチ、負荷、信号調節(SLSC)シャーシにより、信号調節と欠陥生成ユニット(FIU)を提供します。VeriStandにより、電子制御ユニット(ECU)のHIL機能テストを管理します。このコアテストをサードパーティや顧客側のモジュールで拡張することで、すぐに利用でき、顧客の幅広い要件に応えるソリューションを開発できます。





# 将来性のあるTier 1自動車サプライヤ向けHILテストシステムの構築

AKKAは、HILテストシステムの設計、構築、委託、保守を専門とする統合サービスプロバイダです。

## プロジェクトの仕様

NIでは、大手Tier 1自動車サプライヤの担当者から新世代のHILテストステーションについて相談を受けました。彼らの検査対象デバイス(DUT)は、自動車のブレーキシステムの高度な安全機能を制御するECUでした。

このサプライヤが使用していた以前のHILテストソリューションは世界規模のサポートがなく、柔軟性にかけ、提供される管理は陳腐化していました。そのためこのサプライヤは、社内でカスタマイズが可能な、すぐに利用できるHILソリューションを求めています。すでに廃止された旧式のHILソリューションには閉じたIPブロックが含まれており、これが顧客や代替サービスプロバイダによる変更を妨げていました。

## テストプラットフォームの設計

私たちは、短納期(10週間未満)と将来の拡張性を特長とするNIのテクノロジーを使用して、新しいアーキテクチャを構築しました。

新しいアーキテクチャの技術要件は次のようなものでした。

- アナログ信号とデジタル信号の双方を異なる電圧レベルで収集、生成
- 長期にわたるサポートが可能な、標準化された信号調整と欠陥生成
- コントローラエリアネットワーク(CAN)やローカル相互接続ネットワーク(LIN)などの自動車通信バスのサポート、FlexRayまたは車載イーサネットの将来のアップグレード可能性
- 周辺ECU通信CANレストバスシミュレーション
- 2つのECUの同時接続と切り替えが可能な顧客固有の端子台
- バッテリシミュレーション電源(0 V~30 V、0 A~110 A)
- 小型外部デバイス電源(5 Vと12 V)
- 油圧コンポーネントを収容しているスタンドの機械的ひずみを測定する機能



## HILテストシステムの主な機能

テストシステムは次のコンポーネントで構成されます。

### 01

NI PXIとSLSCハードウェアテクノロジー:

- ブロック図信号の概要
- I/Oチャンネルを提供するPXIモジュール
- 自動車信号調整用SLSCモジュール(電圧レンジ、特殊ワイヤレススマートセンサ)
- 欠陥シミュレーション: 定義された信号線でのバッテリーへの短絡、グラウンドへの短絡、開回路

### 02

次の機能を備えたVeriStandリアルタイムソフトウェア環境:

- 電源とサードパーティコンポーネント用のカスタムデバイス
- AKKAのPROVEtech:RBSカスタムデバイスを介したレストバスシミュレーション
- veDYNAモデルの車両ダイナミクスシミュレーションの互換性
- テスト自動化用XIL APIを介したECU-TESTフレームワークの互換性

### 03

カスタマイズオプション:

- 2つの同一の端子台を介した2つのDUTの接続、テストオペレータはソフトウェア構成を介して2つのDUTを切り替え可能
- RSIM、EPB、Mモジュールなどの顧客固有デバイスの接続
- 顧客固有デバイスの補助電圧を利用
- パワーシンク付きリモート制御電源によるバッテリー電圧のシミュレーション
- VeriStandやLabVIEW Real-Timeモジュールに基づくリアルタイムシミュレーション(モデル、レストバス)の適用
- veDYNAモデルの互換性を活用
- ECU-TESTテストオートメーションシーケンサの互換性を活用
- 顧客固有のハードウェアモジュールをセンサシミュレーション用に統合



これらの要件に応えるため、可能な限り市販のコンポーネントを使用し、テストシステムのうち顧客固有の部分のみをカスタマイズすることを決定しました。信号調整と欠陥生成のSLSCモジュールを備えたNIのSLSC用標準シャーシを使用しました。このソリューションは、サードパーティまたは顧客側のモジュールで簡単に拡張できます。プロジェクト固有のECU接続のため、すべてのコンポーネント、DUT、負荷、およびその他の部品を接続する端子台を設計し製造しました。

## レストバスシミュレーションソリューション

AKKAのPROVEtech:RBSは、カスタムデバイスを使用してレストバスシミュレーション機能をVeriStandに統合します。PROVEtech:RBSは、データベースコンテナやARXMLデータベースからインポートされたエンドツーエンドの保護信号(AUTOSARプロファイル2)を識別し、規格に従って自動保護信号(メッセージカウンタと巡回冗長検査)の計算を実行します。

## まとめ

NI PXI、SLSC、VeriStandのテクノロジーを使用することで、市販のNIコンポーネント、サードパーティのコンポーネント、顧客固有のコンポーネントを迅速に統合することができました。システムは、オンサイトの試運転や顧客スタッフのトレーニングを含めて、10週間未満で納入できました。

## 会社:

AKKA CZECH REPUBLIC S.R.O.,  
DAIMLEROVA 6, CZ-301 00 PILSEN,  
CZECH REPUBLIC

## 業界:

自動車—電気/電子システム

## 応用分野:

実用的なHILテストシステム

## 作成者:

MICHAL KUBÍK 博士、エンジニア  
ONDŘEJ HÁLA エンジニア

## 使用するNI製品:

- PXIシャーシ
- 組込コントローラ
- DAQマルチファンクションI/O
- Rシリーズ
- NI-XNET
- SLSC用シャーシ
- VeriStand



**Providing the Fastest Mobility Control Solution**  
From unit to system integration

**Hardware in the Loop Solution**  
BMS, MCU, OBC, LDC, TCU and for more DUTs



**Battery Cell Simulator BCS-P5**

Linear type  
1mV precision and accuracy  
For BMS test and algorithm development

For more information [support@control-works.co.kr](mailto:support@control-works.co.kr)

# 高精度なHIL シミュレーション

先進運転支援システム(ADAS)や自動運転車(AV)における機能のテストと検証は業界の課題となっています。現行のツールでは、テストケース、合否基準、およびテストケースの生産性と再現性の、特定と特徴づけは困難です。NIはmonoDriveとのパートナーシップを通じて、従来手動で行われていたこれらの手順を自動化する新しいHIL(Hardware-In-the-Loop)シミュレーションソリューションを導入しました。完全に仮想化された環境で、ほぼ100%のテストカバレッジで車両の認識、計画、制御を検証できます。

## 顧客のニーズ

- 01  
高精度なシミュレーション
- 02  
NVIDIA RTXをサポートする高性能PC クラスタ
- 03  
PXI、CAN、GMSL2またはFPD-Link III、  
車載イーサネットモジュール
- 04  
自動車ECU

## NI + monoDrive ソリューション

- 01  
monoDriveマスタにおいて、NI Linux Real-Time OS上で車載プラントモデルを厳密なリアルタイムで実行
- 02  
NI Linux Real-Timeを搭載したWindows 10で実行されるセンサシミュレータのクロックをmonoDriveマスタに同期
- 03  
ループ内の車両ECUをNI Linux Real-Timeと同期し、スロットル、ブレーキ、ステアリングのコマンドを自動車の姿勢状態に変換

The logo for monoDrive, featuring the word "mono" in white and "Drive" in yellow, both on a dark blue rectangular background.A detailed 3D simulation of a city street scene at dusk or dawn. Several cars are visible on the road, including a black pickup truck in the foreground on the left and a dark sedan on the right. The scene includes realistic lighting, shadows, and a "STOP" sign on the right side of the road. The overall atmosphere is that of a high-fidelity virtual environment used for testing autonomous driving systems.

monoDriveのソフトウェアはカメラのレンズフレアをシミュレーションします。



### NI + MONODRIVEのメリット


- 生産車両におけるADAS/AV機能の安全性が向上
- 歩行者検出、衝突回避、車線維持、渋滞運転支援といった認識重視の革新的な新機能をより迅速に市場に投入
- シミュレーションの数を増やし、路上テストで成果の見込みの薄い車両への依存度を減らすことで、検証コストを大幅に削減

| 主な仕様       |                               |
|------------|-------------------------------|
| カメラFPS     | 60 Hz 4Kカメラ                   |
| カメラインタフェース | MIPI CSI-2、FPD-Link、GMSL、HDMI |
| カメラパラメータ   | 露光時間、レンズパラメータ                 |
| レーダ        | FMCW 77-79 GHz 2Dと4D(SBR)     |
| 車載バス       | CAN-FD、LIN、FlexRay、車載イーサネット   |
| Lidar      | Velodyne 16〜128レーザ            |
| 超音波        | 物理学ベースの素材/サイズに正確な応答           |
| その他のセンサ    | IMU、GPS、ホイールRPM、衝突など          |

「認識テストは、環境モデリングと正確なセンサモデルの作成を一切の妥協なしに行うことから始まります。テストシナリオの多くは現実の世界では再現が難しいため、顧客はシミュレーションから着手します。NIのHILソリューションでは、高精度なセンサモデルとループ内の車両ECUにより、認識、計画、制御システムを厳密なリアルタイムで検証できるようになりました。」






A blue Volvo car chassis is shown on a test rig. The driver's side door is open, revealing the interior with light-colored seats. The car is mounted on a blue base with various mechanical components and sensors. The background is a blurred road stretching into the distance under a clear sky.

「システム全体を簡単にセットアップできるため、限られたリソースを用いて適切なコストで時間どおりに世界クラスの品質を提供することができました。」

Volvo Cars

Driving Dynamics Centre





# オープンなHILプラットフォームの採用で乗り心地を高めるVolvo

Volvo CarsのDriving Dynamics Centreは、最新世代のVolvo車の運転体験を向上させます。

ここでは、車両のハンドリング特性を調整し、プリセットを定義します。たとえば、ドライバーはプリセットを使用して、ダイナミックやスポーツなどの運転モードをすばやく切り替えることができます。微調整できる機能には、エアサスペンション、電子制御ダンパ、ボディ制御、ステアリングフィードバックなどがあります。

車のダイナミクス属性(ハンドリング、ステアリング、乗り心地など)を検証し、車両の運動制御コンポーネント(ブレーキ、ステアリング、サスペンションなど)を確認するために、Volvo Carsではさまざまな仮想のテスト環境を開発してきました。これらの仮想テストベッドには、SIL(Software-In-the-Loop)、HIL(Hardware-In-the-Loop)、DIL(Driver-In-the-Loop)(ダイナミックドライビングシミュレータの場合)のテストの要素が組み込まれています。

ダイナミックドライビングシミュレータは、シミュレーションの効率と安全性を提供すると同時に、ドライバーの感覚に訴える運転体験をも提供します。人間のドライバーがモデルを物理的に体験できるので、研究者はドライバーの主観的な経験を理解することができます。

Driving Dynamics Centreは、ダイナミックドライビングシミュレータを使用して次のことを実行できます。

- プロトタイプ車両が利用可能になる前のコンセプト開発フェーズでソリューションをテストする
- 実際の運転状況やドライバーの操作について再現可能なテストを安全に提供する
- 測定不可能なものを測定する(たとえば要件や手法の開発に最適)
- プロトタイプを使用せずにハードポイント、ダンパ、ブッシングなどのシャーシ特性を調整する

## 従来のドライビングシミュレータの制限

時間とコストを削減し、路上でのテスト要件を減らすために、シミュレータでステアリング、ブレーキ、サスペンションコントローラなどの物理的な車両モーションコントローラを補う必要がありました。

これらの改善により、次のことが実現します。

- 主観的なテスト機能を維持しながら車両のダイナミクスのテスト機能を追加する
- 制御されたコンピュータ支援エンジニアリング環境で車両運動制御システムのキャリブレーションを可能にする
- 車両運動制御ソフトウェアの開発と検証を初期段階でサポートする
- 研究者が探索的テストを実行しやすくなり、ソフトウェアテストのカバレッジが把握しやすくなる
- ソフトウェアの機能的増強の継続的な統合をサポートする

### 会社:

VOLVO CAR CORPORATION,  
DRIVING DYNAMICS CENTRE

57334, VOLVO JACOBS VAG PV14  
GOTEBORG, 405 31  
SWEDEN

### 業界:

自動車—電気/電子システム

### 応用分野:

実用的なHILテストシステム

### 作成者:

SIMON SCHOUTISSEN

### 使用するNI製品:

- PXIシャーシ
- 組込コントローラ
- DAQマルチファンクションI/O
- Rシリーズ
- NI-XNET
- SLSC用シャーシ
- VeriStand

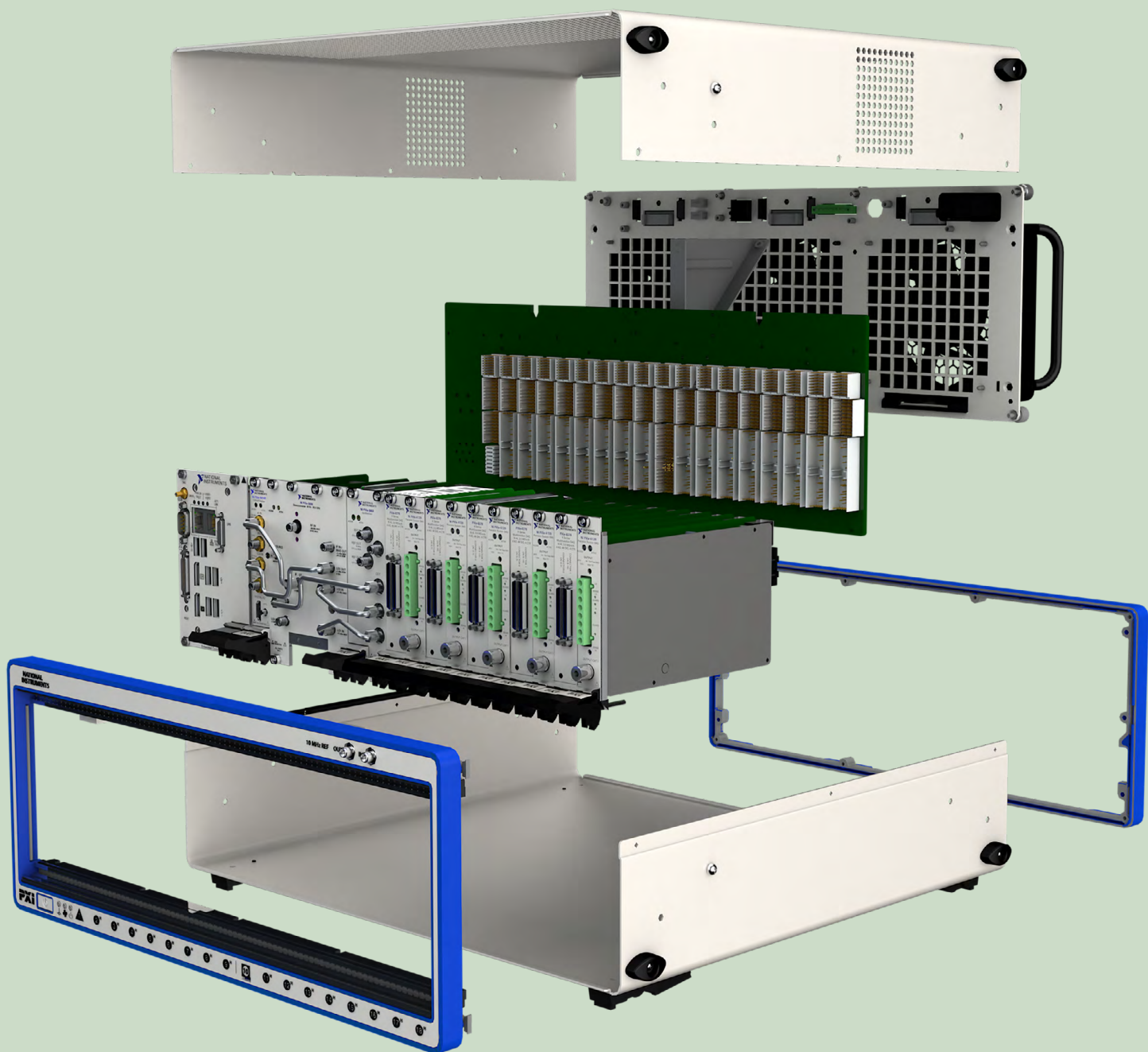
## 課題

Volvo Carsでは、アクティブな車両コンポーネントと制御システムを組み込むためにダイナミックドライビングシミュレータの機能を拡張する必要がありました。この拡張が実現すれば、コストのかかる物理的なフィールドテストの必要性が減り、コンセプトフェーズでのイノベーションの自由度が高まり、シミュレータの全体的な開発時間を短縮できるようになります。

## ソリューション

リアルタイムテストにNIのPXIハードウェアとVeriStand統合ソフトウェアを使用することで、Volvo Carsは期日までにすべてのコンポーネントを統合し、高品質のソリューションを作成し、貴重なフィールドテスト時間を節約することができました。







拡張されたドライビングシミュレータは大きなメリットをもたらしますが、3つの課題があります。

### 01

車両運動制御HILテストシステムを開発して既存の仮想テスト環境に統合しなければならない

### 02

ダイナミックドライビングシミュレータの有無にかかわらず、スタンドアロンでHILテストを実行できない

### 03

デバイスがますます複雑になり、テスト要件が急速に変化するにもかかわらず、より短い時間枠で車両のシステムを完全に検証しなければならない

## 厳格なシステム要件

検証システムは適切なベンダーの最高のソリューションで構成されていることが理想的です。実際、複雑なHILシステムはさまざまなベンダーのさまざまなテクノロジー、リアルタイムOS、通信規格、車両バス、アプリケーションソフトウェアで構成されています。Volvo Carsでは、特定のベンダーに縛られるのを避けるためにオープンで拡張性が高いプラットフォームを必要としていました。

他にも次のような要件があります。

- 将来の拡張を可能にするモジュール性と柔軟性
- 既存のドライビングシミュレータとのシームレスな統合
- スタンドアロンのオペレーション
- 直感的でコスト効率の高い設計
- オープンな規格のサポート、他のベンダー製のハードウェアやソフトウェアを統合する機能(FMI、UDP/イーサネット、EtherCATなど)



## 複雑な課題に応える最適なソリューション

NIが提供したソリューションは、Volvo Carsが求めていたすべての要件に応えました。

**リアルタイムでのテストの実行と統合**—リアルタイムOSでVeriStandを実行するPXI Expressコントローラ。構成可能なデータ収集とロギング、テストシーケンスの生成、シミュレーションモデルの統合など、すぐに使える機能を活用できます。

**車両のダイナミクスのシミュレーション**—VeriStandと一緒に実行されるIPG CarMakerソフトウェアであり、カスタムハードウェアの構築を必要としない既製のIPG CarMakerハードウェアです。VeriStandのオープン性により、サードパーティ製のソフトウェアとハードウェアコンポーネントを簡単かつ効率的に追加できるようになりました。

Volvo Carsの既存の機器を、すでに利用可能な通信チャンネルを介してオープンHILプラットフォームと統合する必要があります。これにより、VeriStandシステムとVector CANoeシステム間の通信が可能になりました。すぐに利用できるEtherCAT通信を、NIのI/O、BeckhoffのI/O、Kollmorgenのモーションデバイスと統合しました。

## 1年後

VeriStandは、パワフルで信頼性の高いリアルタイムテスト環境であることが証明されました。HILテストアーキテクチャでVeriStandを使用することにより、Volvo Carsでは次のことが可能になりました。

- 複数のベンダと連携する
- 用途にふさわしい適切なシステムを使用し、既存のコンポーネントを再利用する
- 将来性と柔軟性を備えたモジュール式のHILプラットフォームを構築する
- IPG CarMakerソフトウェアなどのサードパーティのハードウェアやソフトウェアを統合する

結果として、Volvo Carsはシステム全体を簡単にセットアップできるようになり、限られたリソースを用いて適切なコストで時間どおりに世界クラスの品質を提供することができました。

**konrad**  
...technologies...

WE KNOW **HOW TO TEST!**

OPTIMIZE IN-LAB TESTS  
—FOR ADAS AND AUTONOMOUS DRIVING—

## ADAS/AD SENSOR FUSION HIL TEST WORKBENCH



*Additional Options: Lidar Simulator, Ultrasonic Sensor Simulator, SIL, VIL, V2X, and more*

**Quickly Validate ADAS/AD Performance.**  
**Customize for Sensor Combinations.**  
**Reduce Test Drive Miles.**

- 2 objects Front Radar Simulator (1 to 4 GHz BW)
- 1 object Side Radar Simulator (1 to 4 GHz BW)
- HIL system with Drive Simulation Software
- Brake Simulator
- Steering Simulator
- Camera Simulator
- Drive Simulator
- Control Terminal



Global Support & Deployment  
Contact us at [info@konrad-technologies.de](mailto:info@konrad-technologies.de)  
[www.konrad-technologies.com](http://www.konrad-technologies.com)

**adas iiT**  
INNOVATION IN TEST



Platinum  
Partner

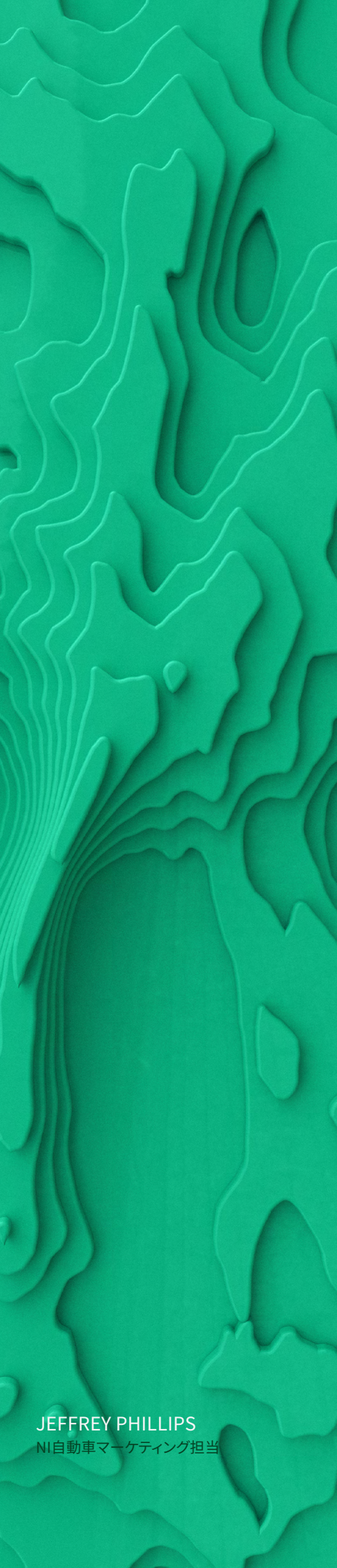
RF AND WIRELESS



Platinum  
Partner

VEHICLE RADAR TEST SYSTEMS





JEFFREY PHILLIPS  
NI自動車マーケティング担当



# テクノロジーコンバージェンス がもたらす意外な成果

現代の自動車システムのテストでは、テクノロジーコンバージェンスが主要な課題となっています。互いに作用し合う複雑なウェブ上で密接に関連し合う数多くのテクノロジーが、100年にわたる産業の基盤を揺るがしています。それにはたとえば、インテリジェントセンシング、エネルギー貯蔵、人工知能、ネットワーク通信、電力変換、高性能コンピューティング、機械学習、セキュリティなどです。まだまだありますが、ここではこれくらいにしておきましょう。

テクノロジーコンバージェンスの効果は業界内外の至る所で見受けられます。あまりに広範囲でモビリティの将来に大きな可能性をもたらすことから、世界中の企業が慎重に手を付け始めています。

驚くことはありません。これまでもテクノロジーコンバージェンスによってこうしたことが実現されるのを見てきたのです。

スマートフォンもデスクトップPCも、テクノロジーが影響をもたらす範囲が広いことから、業界全体に波及する大きな破壊力となりました。お店のレジはコンピュータと専用のソフトウェアに置き換えられました。電卓を使っていた時のことを覚えているでしょうか。私はまだTI-86を持っていますが、普段はポケットに入れていません。水準器や、辞書や、百科事典はどうでしょうか。いろいろと思い浮かびますね。

テクノロジーコンバージェンスは2つの変化をもたらそうとしています。

1つ目は、市場の急激な伸びによって、興味深い隣接分野から新たな競合他社が参入することです。資金の豊富な巨大テクノロジー企業が、新興企業を買収し、新たな市場機会に軸足を置くこ

とが、例外的なことではなく当たり前のことになりそうです。業界の巨人たちが行き来しています。電気自動車はすでにLG、Panasonic、Samsungなどの企業にとって自動車業界参入への足掛かりとなっており、Amazon、Apple、Googleなどの巨大テクノロジー企業はこぞって、業界のいくつかの分野で主導的な立場をアピールしています。

2つ目の変化は、業界の製品開発プロセスの舞台裏で起きています。テクノロジーによる市場の打破が進むにつれて、最終的にはソフトウェア接続システムの価値が勝ち残ります。そうしたソフトウェアの増加によって、デバイスの適正機能や安全機能のテストが複雑になります。その結果、従来のV字モデルで言えば、左側への出資の比率がどんどん高くなります。

自動運転車の登場で、私たちはテクノロジーの転換点の渦中にいます。

デバイスに記述されたコードによって実行される決定は、私たちの命を危険にさらす可能性があります。安全性への妥協なきニーズから、ソフトウェア接続システムという性質上、複雑なテストの処理に求められる投資の額は大きくなります。自動車のテストエ

ンジニアは「自動車」だけをテストしているわけではありません。彼らは、スマートな接続サブシステムに備わっている何百もの統合機能をテストしています。

このようなシフトが起きるなかで、サプライチェーン全体を監督するテスト部門には、テスト中のテクノロジーに生じる急激な変化に対応できるようにテスト手法を調整しなければならないというプレッシャーがかかることになります。

こうしたシフトに協力して取り組んでいきませんか。私たちは協力してテストを競争上の強みとすることができ、新機能の市場投入を促進することができます。また、次々とやってくるイノベーションを活用して世の中をより良くしていくことができます。

# SLSCによるHILシステムのアーキテクチャの標準化

HIL(Hardware-In-the-Loop)システムは決して新しいものではありません。しかし、それらを標準化された方法で構築し、再利用とスケーラビリティを促して、全体的な開発コストの削減や市場投入までの時間短縮を図ることは、ハードウェアインテグレータやテストエンジニアにとって複雑な作業です。点間配線のため、測定システムとフロントエンド上の信号調節との間はさらに複雑になります。

SLSC(Switch, Load, and Signal Conditioning)アーキテクチャは、測定システムとフロントエンドの間で、市販されている標準の既製ケーブルを使用するモジュール式のアプローチを提供するもので、負荷管理、欠陥生成、信号調節を処理します。

## SLSCアーキテクチャ

SLSCアーキテクチャは、点間配線の必要性を減らす標準的な接続オプションを提供すると同時に、信号調整、欠陥生成、センサシミュレーションなどについてモジュール式のアプローチを提供します。

SLSC対応シャーシの各スロットでは、CompactRIOまたはPXI上に構築された測定I/Oシステムとモジュールとの間のインタフェースとして、RTI(Rear Transition Interface)が使用されています。

市販されている標準の既製ケーブルを使用して、RTIを測定I/Oモジュールに接続することで、HILシステムの信号経路が完成します。標準ケーブルを使用するため、複雑な点間配線が不要になり、測定I/Oシステムの標準アーキテクチャを拡張してSLSCのフロントエンドを含めることができます。

SLSC対応シャーシとHILホストコンピュータ間の通信はイーサネット経由で行われます。SLSCソフトウェアAPIを使用して、プロパティを設定でき、シャーシ内のモジュールにコマンドを送信できます。

## エコシステム

SLSCアーキテクチャのオープンなアプローチによって広大な社内エコシステムが実現し、PSI5(Peripheral Sensor Interface 5)、電源スイッチモジュール、燃料センサエミュレーション用の静電容量シミュレーションカードといったアプリケーション固有のモジュールを開発できるようになりました。

詳細については、[ni.com/slsc](https://ni.com/slsc)をご覧ください。











CHRIS FICKLIN

NIアプリケーションソフトウェア部門  
チーフプロダクトプランナー

# VeriStandでHILシステムのあらゆる要素をつなぐ

VeriStandとモデルをハードウェアで接続し、一般に使用されているさまざまなツールやバスを統合するのに必要なオープン性を提供する方法について、NIのHIL(Hardware-In-the-Loop)の常駐エキスパートであるChris Ficklin氏に聞きました。

**KRISTOFFER IVERSEN:**検証のワークフローを改善して、効率的なアプローチを標準化することは、HILシステムのソフトウェアとハードウェアを接続するための有益な手段となります。このことを達成するうえでVERISTANDはどのように役立ちますか。

Chris Ficklin: HILシステムの最も重要な部分の1つは、システムでマスタのように機能するアプリケーションソフトウェアです。VeriStandはそうしたソフトウェアであり、システムハードウェアをモデルに接続してマッピングします。たとえば、VeriStandには刺激信号プロファイルを作成する機能が組み込まれていて、厳密なタイミング要件に準拠したリアルタイムターゲットで実行できます。エンジニアはこれを利用して、実世界の状態を再現することができます。もちろん、アラームや高度なロギング、他のプログラムとのインタフェースなどの機能も組み込まれています。テストをデプロイしたら、

ユーザはテストの実行中に停止せずにコントロールやインジケータをユーザインタフェースに追加して、効率的にデバッグを行い、信号を表示しながら、現在の状態を目的の状態と比較して洞察することができます。最終的にはVeriStandによって、検証エンジニアのワークフローを改善する構成可能な実行フレームワークが提供されます。

**KI:** オープンな設計は実行フレームワークにとって非常に重要です。VeriStandはサードパーティのツールとどのように統合し、再利用を促進しますか。

CF: 統合はHILシステムにとってとても重要です。VeriStandでは、さまざまなモデリング環境や言語で構築されたコンパイル済みのモデルを実行できます。MathWorks MATLAB®やSimulink®ソフトウェアはモデルベースのエンジニアリングアプローチの

一例であり、VeriStandによってそうしたモデルがハードウェアにマッピングされます。VeriStandが持つ拡張性のおかげで、パートナー各社にカスタムデバイスを開発してもらうことができます。たとえば、IPGのCarMakerはVeriStandと直接やり取りするカスタムデバイスとして追加できるので、テスト中に加えた変更はすぐにIPGMovieに表示されます。

**KI:** カスタムデバイスの使用は他のハードウェアやツールを統合する強力な方法ですね。自動車業界のお客様はこうした手段をどのように活用できるでしょうか。



CF:それについてはやはりVeriStandのオープン性の話になります。一例として、AKKAが開発したレストバスアドオンがあります。同社は、最小限の労力でDLLをカスタムデバイスに組み込み、構成可能なインタフェースを直接VeriStandで公開することができました。このインタフェースは、CAN、LIN、FlexRayインタフェースなどのすぐに使える機能に加わります。モデルの多くは頻繁に検証が必要であり、複雑さが急速に高まっています。テストエンジニアがVeriStandを使用して接続すると、物理ハードウェアはどのようにモデルにマッピングされるのでしょうか。

VeriStandは、チャンネルやパラメータがどのようにモデルにマッピングされているかを図示するマッピングダイアグラムを備えています。これを確認することで、ユーザインタフェースへの接続についてだけでなく、モデルとハードウェア間でマッピングが失われた場合にも、瞬時にフィードバックが得られます。またNIでは、経路設定モジュールや欠陥モジュールについて、NIのスイッチ、負荷、信号調節のフロントエンドとのインタフェースによる接

続がもっと簡単になります。ユーザは複数の経路を事前に構成して保存しておき、テストを実行した際にランタイム中に呼び出すことができます。そのため、テスト開発やデバッグの際の複雑さが軽減されます。

KI:オープン性や統合オプションを備えたVERISTANDは検証テストのマスタとして機能しますが、オートメーションを高めるオプションとしてはどのようなものがありますか。

CF:VeriStandはリアルタイムの実行エンジンですが、NIのテスト管理ソフトウェアであるTestStandと連携して機能する場面が多くあります。オープン性はNIにとって重要であり、NIはASAMのメンバーとして、TestStandから呼び出すことができるASAM XILステップを開発しました。NIはASAM XIL規格をサポートすることによって、エンジニアが他のHILシステムからその規格を使用して、自ら開発したテストシーケンスを再利用するお手伝いをしています。

KI:CHRIS、ありがとうございます。つまり、アプローチの標準化に取り組んでいるテストエンジニアが、各自の要件に応じた再利用、統合、およびカスタマイズの機能を失うことなく、ワークフローの効率を上げることができる、ということですね。HILシステムの標準化を検討しているユーザにとってはどのような選択肢がありますか。

CF:最も多いのは、社内で開発されたソフトウェアの規模を拡大して複数のテスターをサポートする必要が突然生じた、という事例です。こうした事例では多くの場合、テストエンジニアは開発を続けるための時間を確保するのに苦労することになります。なぜなら、テストの複雑さや件数の増加に伴って作業の責任が大きくなるからです。一方で、非常に閉鎖的なソリューションも見受けられます。これでは、テストエンジニアが業務の有効性を向上させるのに重要な機能を変更しようと思うときに利用しにくい場合があります。VeriStandならば、実行フレームワークを通じて標準化、再利用、適用を行い、必要な変更を加えることで、ユニットの検証をスピードアップできるので、双方に最適な解決策をもたらします。

MATLAB®およびSIMULINK®はTHE MATHWORKS, INC.社の登録商標です。



KRISTOFFER IVERSEN

NIデータ収集リード  
製品マーケティング  
担当シニアマネージャ



# シミュレーションを使用した EVパワーエレクトロニクス の設計改善

電気自動車(EV)におけるパワートレインのアーキテクチャは、完全バッテリー式電気自動車(BEV)、プラグインハイブリッド電気自動車(PHEV)、さまざまな直列/並列ハイブリッド電気自動車(HEV)によって異なりますが、どのEVでもシステムの電力の制御と変換にパワーエレクトロニクスを利用しています。

## パワーエレクトロニクスのテストが もたらす新たな課題

### 高速性

EVパワーエレクトロニクスは、2 kHz~20 kHzの範囲にわたる高速スイッチング周波数が特徴です。業界では、炭化ケイ素や窒化ガリウムをベースとする新たなデザインを採用した、この周波数のさらなる高速化が望まれています。スイッチング動作を正確にモデル化するためには、このスイッチング速度よりもはるかに高い周波数でのシミュレーションタイムステップが必要になります。その速度は多くの場合、CPUベースの標準のシミュレーションシステムでリアルタイムに実現できる速度の何倍も高速です。

### 複雑な動作

電気機器は、磁気飽和やコギングトルクなどの複雑な非線形挙動を示します。こうした動作はモデル化が難しく、計算負荷が集中することがあります。線形モデルを使用して基本的な組み込みコントローラの機能をテストすることは可能で

すが、調整と最適化を図るためには、より複雑なシステムの動作を正確に表現する必要があります。

リアルタイムシミュレーションで使用されるCPUベースのシステムの制限のために、MIL(Model-In-the-Loop)やHIL(Hardware-In-the-Loop)といったシミュレーションベースの手法が現実的でなくなってきており、製品開発サイクルの早い段階に移行してきています。また、コストと時間のかかるe-dynos(モータテストベンチ)での物理テストも行われなくなってきています。

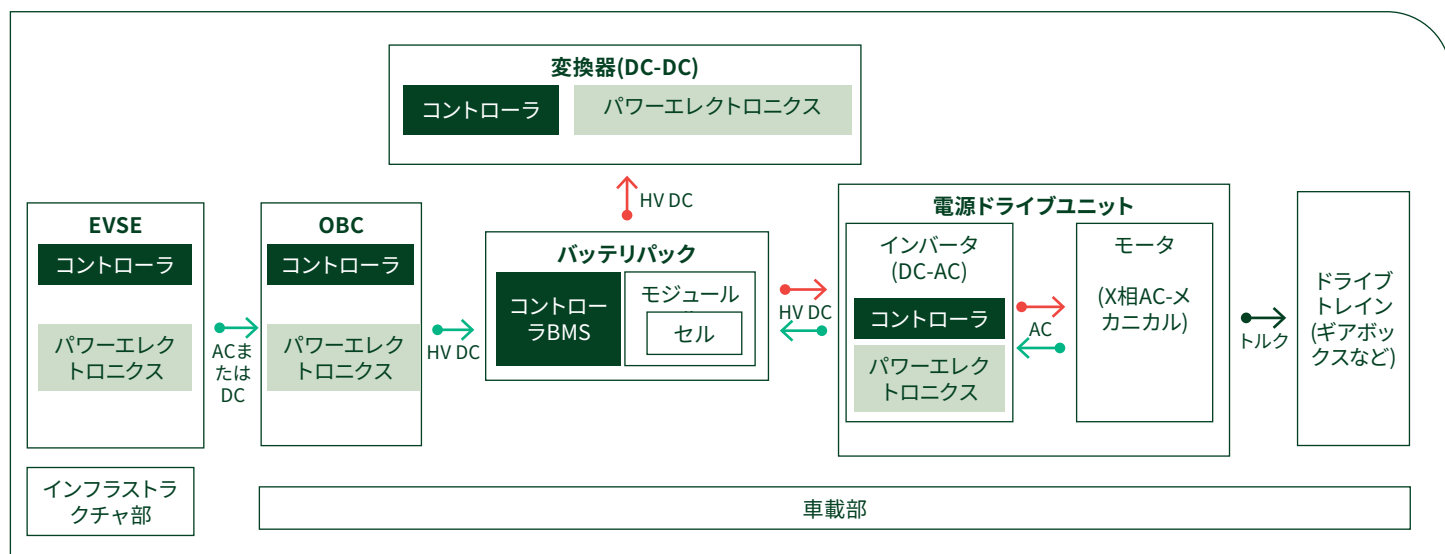
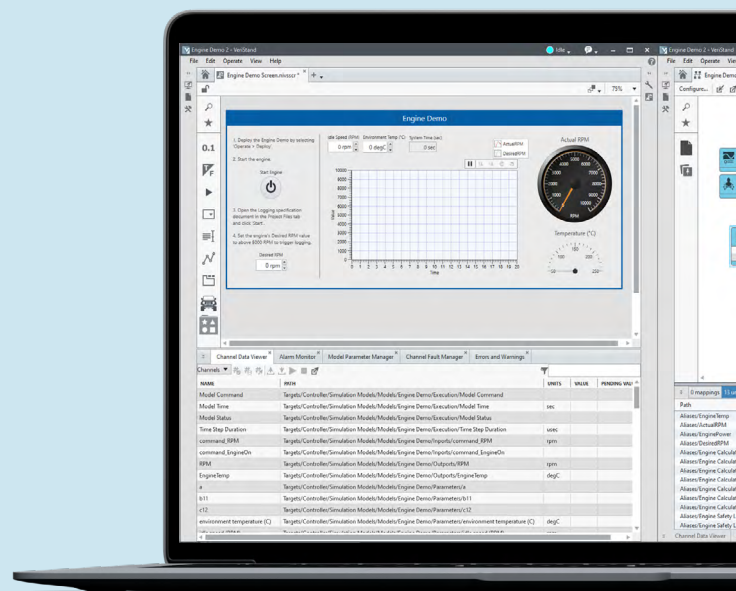
## アプローチ

### FPGAによる高速シミュレーション

EVパワーエレクトロニクスのMILとHILテストを実現する十分なシミュレーション速度を達成するためには、1秒未満のシミュレーション周期を達成して、こうした複雑なシステムを適度な忠実度で表現できるモデルを実行する必要があります。この速度で制御ループを閉じるためには、CPUベースのシステムをやめ、パワーエレクトロニクスやモータのシミュレーションにFPGAを採用するというパラダイムシフトが必要です。

ただし、FPGAベースのシミュレーションでは新たな困難が生じます。FPGAで複雑なパワーエレクトロニクスやモータモデルを実装するには、多くの場合、FPGAプログラミング





EVパワートレインの設計でテーマとなるのは、電力の流れを管理し、電力変換を最適化することです。

の専門知識が必要になります。また、コンパイルの完了に時間がかかり、プログラム、コンパイル、テストのプロセスが非常に反復になる可能性があります。

## ソリューション

### NIのリアルタイムテストアーキテクチャ + OPAL-RTのパワーエレクトロニクスシミュレーション

NIでは、PXIとCompactRIOハードウェアによる柔軟なテスト、測定、制御の機能を提供しています。どちらのシステムも、リアルタイムCPUと、ユーザがプログラム可能なFPGAとモジュールI/Oとを組み合わせたものです。またどちらも、モデルとI/Oを統合し、リアルタイムテストを構成したり実行したりするためのVeriStandソフトウェアを実行します。

PXIとCompactRIOのどちらも、FPGAベースのシミュレーションアプローチの実現に必要なシステムアーキテクチャを提供します。これらのシステムを使用すると、洗練されたパワーエレクトロニクスやモータモデルをマイクロ秒未満のループ速度で実行できます。必要なシミュレーション忠実度が提供

されることで、正確なテスト結果が得られ、より多くのテストを設計プロセスの早い段階に移行できるようになります。

## VeriStand

VeriStandは、ターゲットからホストへのリアルタイム通信、データロギング、刺激信号の生成、アラームの検出と応答を支援するリアルタイムテストソフトウェアです。

またVeriStandでは、シミュレーションのみのテストからHILテストへの移行が短期間で行えるため、テストプロファイル、アラーム、手順、解析ルーチンといったテストコンポーネントが再利用しやすくなります。モデルからハードウェアチャンネルや実世界のI/Oへ、パラメータを簡単に再マッピングできます。こうした移行により、回帰テストの実行にかかる時間を短縮できるほか、TestStandなどのテスト管理ソフトウェアを使用したテストの自動化も容易になります。

VeriStandは、アドオンを通じてアプリケーションに特化した機能を作成できるオープンフレームワークも備えています。そのため、テストシステムの柔軟性を最大限に高められます。



## OPAL-RT

### VeriStand用パワーエレクトロニクスアドオン

NIでは、NIパートナーであるOPAL-RTと協力して、FPGAをベースとしたVeriStand用パワーエレクトロニクスアドオンを提供しています。アドオンは、VeriStandと直接連携して機能し、LabVIEWソフトウェア開発キットによる拡張が可能です。FPGAベースの高機能なパワーエレクトロニクスとモータシミュレーションツールであり、以下が組み込まれています。

- OPAL-RTの電気ハードウェアソルバー(eHS)。高機能な浮動小数点ソルバーで、数式を記述しなくてもFPGAの電気回路をシミュレーションできます。パワーエレクトロニクスシミュレーション用の一般的な各種回路図エディタである、MathWorks Simscape™ Electrical™ Specialized Power Systems Library、Plexim PLECS、Powersim PSIM、NI Multisimなどからモデルをインポートします。パワーエレクトロニクスのトポロジの複雑さや規模(システム内の状態数、スイッチ数、測定および制御信号数)に合わせて、eHSx64またはeHSx128を選択できます。
- マシンモデルソルバー。永久磁石の同期機や誘導機の構成のほか、リゾルバやエンコーダといった位置フィードバックデバイスが含まれます。
- マルチサポートの2Dと3Dソルバー。有限要素解析や実験データから得られる機械特性を表形式でインポートできます。
- 正弦波、パルス幅変調(PWM)、正弦波PWMなどの信号生成エンジン。FPGAの設計に直接組み込まれており、開ループ/閉ループテスト用の制御信号を生成します。

- カスタマイズされたテストシナリオとパラメータセットを使用してシミュレーション中にパラメータを変更し、モデルのリロードや再コンパイルをせずにフォルトを生成してテストを自動化する機能。

## 結果

NIとOPAL-RTのソリューションでは、パワーエレクトロニクスとモータのマイクロ秒未満のモデルベースシミュレーションをFPGAに実装して、確度の高いMIL設計研究が行えます。これらのモデルを高性能のFPGA対応I/Oに接続することで、高性能のHILテストシステムを実装できます。

モジュール式のハードウェアとオープンなソフトウェアにより、将来テスト要件の変化に対応できるようにアップグレードを行うなかで、システム間で一貫性のあるテストアーキテクチャを維持しながら、特定のアプリケーションごとにテストシステムをカスタマイズできます。このソリューションでは、テストを設計プロセスの早い段階にシフトしやすいため、より迅速に問題を発見でき、より早い段階でパフォーマンスを最適化できます。また、テストカバレッジを広げながら、テスト時間を短縮し、テストの総コストを削減できます。

## 作成者

NATE HOLMES

NIパワートレインテスト責任者

NIパートナーは、日本アライアンスプログラムに参加しているシステムインテグレータを中心としたパートナー企業で、代理店の関係は有していません。

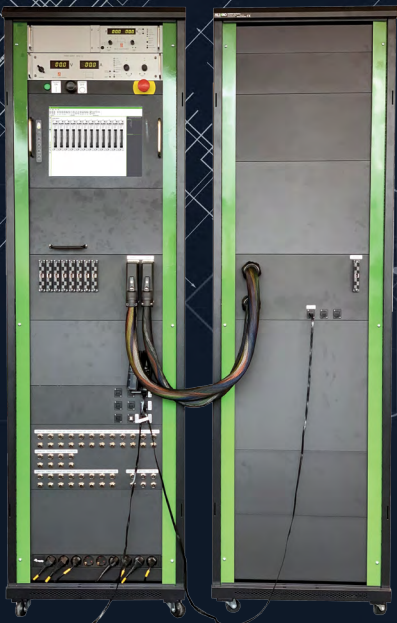
SIMULINK®はTHE MATHWORKS, INC.の登録商標です。SIMSCAPE™とELECTRICAL™はTHE MATHWORKS, INC.の商標です。





# ALIARO

GLOBAL INTEGRATOR OF  
FLEXIBLE AND USER FRIENDLY  
HARDWARE-IN-THE-LOOP TEST SYSTEMS  
AND DESKTOP FUNCTIONAL TESTERS



SOLVE YOUR CHALLENGES WITH ALIARO FLEXIBLE  
AND MULTI FUNCTION MODULES FOR:

- AIO/DIO/PWM/FAULT INSERTION
- RESISTOR EMULATION
- CAN/LIN/ETHERNET BUS SWITCHING



[SALES@ALIARO.COM](mailto:SALES@ALIARO.COM)



Silver  
Partner

SYSTEM INTEGRATION



National Instruments  
is now NI.



# Engineer Ambitiously.

Arturo Vargas  
NIトランスポートソリューションマーケティング担当

米国本社  
11500 N MOPAC EXPWY, AUSTIN, TX 78759-3504

電話: 512 683 0100  
FAX: 512 683 9300

INFO@NI.COM

ni.com/global—海外営業所  
ni.com/automotive

©2020 NATIONAL INSTRUMENTS. ALL RIGHTS RESERVED. NATIONAL INSTRUMENTS, NI, NI.COM, COMPACTRIO, ENGINEER AMBITIOUSLY, LABVIEW, MULTISIM, NI TESTSTAND, および NI VERISTAND はナショナルインスツルメンツコーポレーションの登録商標です。その他の製品名および企業名は、それぞれの企業の商標または商号です。NI パートナーは、日本アライアンスプログラムに参加しているシステムインテグレータを中心としたパートナー企業で、代理店の関係は有していません。

MATLAB® および SIMULINK® は THE MATHWORKS, INC. 社の登録商標です。ELECTRICAL™、POWERTRAIN BLOCKSET™、SIMSCAPE™、VEHICLE DYNAMICS BLOCKSET™ は THE MATHWORKS, INC. の商標です。

登録商標 LINUX® は、全世界における商標保持者 LINUS TORVALDS 氏から排他的ライセンスを受けている LMI (LINUX MARK INSTITUTE) からの許諾により使用しています。 36541