



# 仮想化手法で明日を描く

## 次世代モビリティのためのシミュレーションフレームワーク

そう遠くない将来、道路を往来する車は、人々を安全かつ効率的に目的地へと送り届ける自動運転車となっていることでしょう。今日のエンジニアたちは、この光景を現実のものとするべく多忙な日々を送っています。これを実現するのに必要とされる重要な要素のひとつが、仮想環境でのシミュレーションです。予期される多くの複雑な問題の解は、初期プロトタイプテストと妥当性確認によってしか導きだすことができません。BoschはDaimler向けにグローバルシミュレーションフレームワークを開発し、その開発工程ではETASのISOLAR-EVEが重要な役割を果たしました。

「私たちが未来を予測することはできません。しかし私たちのシミュレーションフレームワークを使用すれば、完全自動運転という未来の実現に向けて取り組むことはできます」—ここでいう「私たち」とは、世界各国のDaimlerで働く100名を超える開発エンジニアとBoschのプラットフォーム開発チーム、そしてETASの開発チームを指しています。私たちは今、包括的なシミュレーションフレームワークを使用して、自動運転に必要なシステムを制御するECUソフトウェアを開発しています。まずは、そのアプローチからお話しましょう。

プロジェクトの複雑さだけでなく、グローバル開発チームに課された過酷なスケジュールを踏まえれば、ハードウェアの開発が終わるのを待たずにECUソフトウェア開発に取り組まざるを得ません。そのためにさまざまな機能や概念を仮想シミュレーションフレームワークに統合する取り組みを続けていますが、そこで利用されるのは、比較的「静的」であるといえるHiL (Hardware-in-the-Loop) ソリューションではなく、システムパラメータが常に変動するSiL (Software-in-the-Loop) のアプローチです。

しかし SiL アプローチであっても、将来の量産 ECU の設計について考えることが必要です。その基盤となるのが、AUTOSAR Standard を利用した Bosch DASy (Driver Assistance System) ドメインコントローラプラットフォームです。現在、マイクロコントローラには AUTOSAR Classic プラットフォームが利用されていますが、将来はより高度な AUTOSAR Adaptive プラットフォームに移行していくことになるでしょう。

### 課題

システムの機能的信頼性を実証するには数え切れないほどの運転操作が必要となりますが、そうした操作の多くは再現がきわめて困難であり、実際の走行テストで実施すれば危険を伴うことさえあります。そのため、高度自動運転の開発では仮想走行テストが重要な役割を果たし、ソフトウェアの機能安全を確保できるテストカバレッジを効率よく達成するにはこれが唯一の手段であるといえます。実車テストは限られた運転操作についてのみ実施され、一般的にその目的は、繰り返し実行する妥当性確認に必要なテストデータを取得したり、シミュレーション結果を検証したりすることに限られます。

### 私たちの取り組み

このシミュレーションフレームワークは、車両の周囲の状況を仮想化し、ADAS ECU (Electronic Control Unit) やセンサ (超音波、レーダー、カメラなど) をシミュレートします。つまり、システムによって下される判断とそれに対応するアクチュエータの反応が計算されます。プラントモデルとともにアプリケーションソフトウェアをシミュレートでき、その逆も可能です。これらのシミュレーションの実行制御は、ETAS がエンジニアリングサービスとして開発したユーザーインターフェースを介して操作することができます。

ユーザーインターフェース上での可視化により、デスクトップ環境で妥当性確認を行うことが可能になります。その際にはすべてのソフトウェアコンポーネントと環境モデルの最新バージョンが自動的に使用されるので、デバッグ、コードカバレッジ分析、ログファイル生成などが迅速かつ容易に行えます。

## 未来の車両システム用の複雑なソフトウェアを開発する世界中のエンジニアに向けて、私たちのシミュレーションフレームワークは大規模なデータセットへの迅速かつ安全なアクセスを提供し、機能の妥当性確認を可能にします。

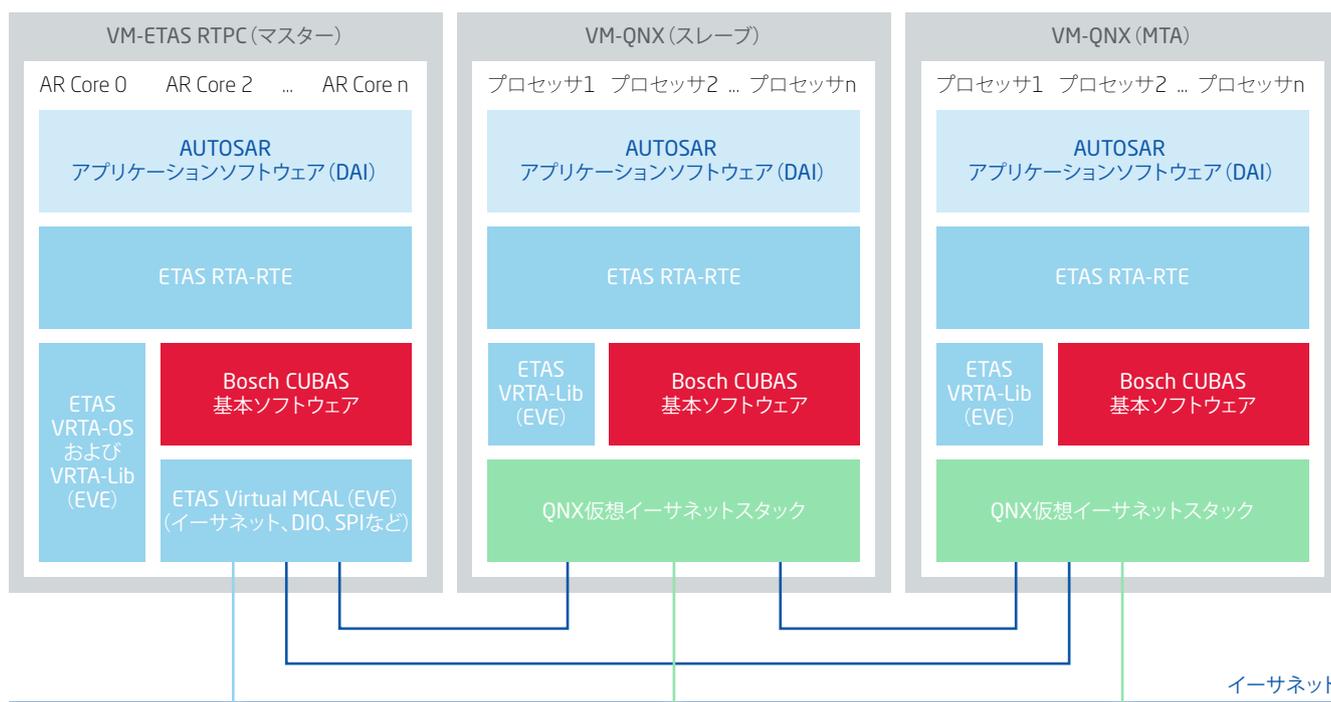
シミュレーションフレームワークの開発によって、私たちは新たな境地にたどり着きました。それは組み込み ECU の世界と IT の世界との遭遇です。前者で重要になるのはリアルタイム動作や ISO 26262 に準拠した機能安全、後者に関しては、データ転送速度、接続性、サイバーセキュリティなどが重要な要素となります。

また、可能な限り汎用的であり、個々のワークステーションからサーバークラスやクラウドで実施される大規模な並列テストまで、幅広く使用できるフレームワークを作成することもこのプロジェクトの目的です。新しいソフトウェア機能単体のテストだけでなく、センサやドメイン ECU の複雑なネットワークのシミュレーションにも適していなければならないため、このフレームワークは柔軟性が高くスケラブルなアーキテクチャに基づいて設計されました。厳しい技術仕様を満たすことに加え、シミュレーションフレームワークには、動作不良のリスクを回避するための非常に高い堅牢性も求められます。全世界で 100 名を超えるエンジニアが開発に従事しているため、ごくわずかなダウンタイムも許されません。

### 技術的方策

私たちはきわめて複雑なシステムを管理することを目指していますが、その実現を目指す中で、ある重要な要素があります。それは、個々の機能を独立したユニットとして扱うことができるモジュール式プロセスの採用です。取るべき道筋がいつも最初からわかっていたわけではありませんが、初期のプロトタイプから学び、必要に応じて早い段階で取捨選択を行う体制が整っていたおかげで、私たちは正しい方向に進むことができました。現時点においてシステムはすでに高い成熟度に到達し、最適化のフェーズに入っています。

現在 Bosch ではシミュレーション環境の開発が進行しており、その基盤のひとつとして、ETAS ISOLAR-EVE を使った仮想 ECU の構築が行われています。また Linux ベースの ETAS RTPC も、仮想 ECU のための効率的な実行プラットフォームを提供しています。ここできわめて重要なのは実 ECU を深く理解することであり、それがなければ現実的なシミュレーションは不可能です。



マイクロコントローラやマイクロプロセッサに使用されるシミュレーション環境のアーキテクチャ

ISOLAR-EVE には、マイクロコントローラの仮想化のためのオペレーティングシステム（VRTA-OS for Windows と VRTA-OS for Linux）や、マイクロコントローラ抽象化層（MCAL）、ビルドプロセス、といった仮想 ECU を形成するための重要な要素が整っていて、AUTOSAR ランタイム環境（RTA-RTE）にもシームレスに統合できます。VRTA-OS も、VMware や QNX と組み合わせてマイクロプロセッサの仮想化に利用されます。

### その利点

ハードウェアが利用できるか否かを問わず、開発者ひとりひとりが机上で強力なシミュレーションプラットフォームを利用することができる、というのが大きな利点です。重要な走行条件を机上で観察し、詳しく分析して思いのままに再現することができるので、反復回数を削減でき、代わりにテスト範囲を広げることができます。ソフトウェアが品質基準に到達するまでに要する時間が短縮されるため、後続の HIL テストや車載テストを簡略化することができます。

また仮想 ECU を用いたテストでは、ハードウェアベースのプラットフォームでは得られない機能（人工的なインターフェースや危機的状況の再現、ファーストモーションとスローモーションなど）が利用できます。これらを駆使することにより、さまざまなエラーを検出したりシステム全体の状態を把握したりすることが容易になります。

### まとめ

マイクロコントローラとマイクロプロセッサを備えた未来の車両システムに使用されるソフトウェアは非常に複雑な

ものとなりますが、その開発に向けた私たちのシミュレーションフレームワークは、大規模なデータセットへの迅速かつ安全なアクセスや、機能の妥当性確認を行うための手段を提供します。また、このような規模のプロジェクトでは、仕様策定、実装、ツール認証、といったさまざまな分野のエンジニアが緊密な連携をとることが重要になりますが、私たちは多様性に富んだチーム構成でそれを実現することができました。それでもすべての目標に到達したわけでは決してありません。システムの複雑さについての理解が深まるほどプロジェクトの範囲も拡大していきます。そしてその先には人工知能へと向かう道も見え、それがさらなる追求の原動力となっているのです。私たちチームは、安全な自動運転の開発に貢献できることに誇りを持っています。

### 執筆者

**Christoph Baumann 氏**、Daimler AG（ドイツ、シュトゥットガルト）  
プロジェクトマネージャー

**Johannes Dinner 氏**、Robert Bosch GmbH（ドイツ、アプシュタット）  
カスタマープロジェクトマネージャー

**Dr. Roland Samlaus**、Robert Bosch GmbH（ドイツ、シュトゥットガルト）  
シミュレーションフレームワーク、プラットフォーム開発、サブプロジェクトマネージャー

**Ricardo Alberti de Souza**、ETAS GmbH  
ECU 仮想化、AUTOSAR Adaptive、ソフトウェアアーキテクチャコンサルタント