



Jaguar Land Rover 社における
仮想検証の導入

Virtual Revolution

Jaguar Land Rover 社のモットーは、「生涯にわたり、お客様を夢中にさせる体験」を創造することです。この目標を達成し、最新の機能を追加しながら高品質な製品を継続的にお客様に提供するには、ソフトウェアの妥当性確認をより最適な形で行う必要があります。Jaguar Land Rover 社が出した答えは、仮想検証により開発の早期の段階で同社の目標を達成することでした。



部の先進運転支援機能で提供
—— されている自動化機能など、複雑なソフトウェア機能やソフトウェア間の相互作用を利用したテクノロジーへの需要が高まると、それに関連して、ソフトウェアの設計手法やテスト手法を新たに導入したり改善したりする必要が生じます。この場合、潜在的なエラーを削減して、コストのかかる後工程での修正作業を発生させないようにするため、全体を通してさらにテストを行ったり、新たな機能を可能な限り早期の段階で効率的にテストする必要も生じます。Jaguar Land Rover 社では、適切な手法でソフトウェアの妥当性確認を行うことで、時間とコストの削減を実現しています。また、同社の手法では、開発、検証および妥当性確認 (V&V) の反復回数が増加するため、お客様への高品質な乗車体験の提供にもつながります。同社は、ソフトウェアの検証および妥当性確認を仮想的に行う手法、つまり仮想化を用いて、より早期の段階でエラーを検出および排除し、車両の開発期間を短縮することに成功しています。特に、AUTOSAR ソフトウェアアーキテクチャでアプリケーションの開発やテストを行ったり、物理的なターゲット ECU を使用せずに機能検証を行ったりする手段としてバーチャル ECU (V-ECU) を活用しています。これにより、同社ではサプライヤが ECU のビルドを完了する前にテストを行うことができます。また、開発者はサプライヤの作業と並行してテストを実施することで、サプライヤにすばやくフィードバックを提供することができます。 >>



当初の課題と解決策

当初、パワーシステム (PS) グループが仮想検証プロセスを導入する際には、既存のソフトウェア開発プロセス (図 1) を変更したり、V-ECU の開発およびテストのためにツールチェーンの見直しを行ったりする必要が生じるなど、さまざまな課題に直面しました。これらの課題を克服するために、同社はさまざまな取り組みを行いました。まず、討論会を設け、さまざまな部門がより緊密にやり取りできるようにしました。討論会には、ソフトウェア V&V、AUTOSAR

アーキテクチャ、HIL (Hardware-in-the-Loop) テスト、個別のシステムグループなどの分野の担当者を集めました。このような協力により、既存のソフトウェア開発プロセスに V-ECU 開発を統合するための 2 つの柔軟な手法を考案することができました。1 つはボトムアップ手法です。この手法では、検証済みのレガシーソフトウェアコンポーネント (SWC) を有する部門がそれらをすばやく組み合わせ、統合型 V-ECU を作成します。もう 1 つはトップダウン手法です。この手

法は、AUTOSAR やその他の開発上の理由で V-ECU を再設計する場合や、新機能を V-ECU で開発する場合に使用します。この 2 つの開発手法では同じツールチェーン (図 2) が使用されるため、個別の機能開発プロジェクトのニーズに合わせた最適化が可能です。また、時間が許す場合には、ボトムアップ手法で開発を開始し、トップダウン手法で完了させることもできます。討論会では次に、Functional

プを行うためのツールチェーンの自動化について検討しました。dSPACE は、Python スクリプトを使用してワークフローをカスタマイズすることにより、V-ECU および ControlDesk® プラントモデルを作成できるワンクリックソリューションを提供しました。Jaguar Land Rover 社のソフトウェアエンジニアは、ControlDesk プラントモデルを作成することにより、V-ECU のテストに (実 ECU の HIL テスト向けに前回実装されたのと) まったく同じテストセットアップを再利用できるようになりました。

「仮想検証は当社のプロセスに革命を起こしました」

Will Suart 氏、Jaguar Land Rover 社

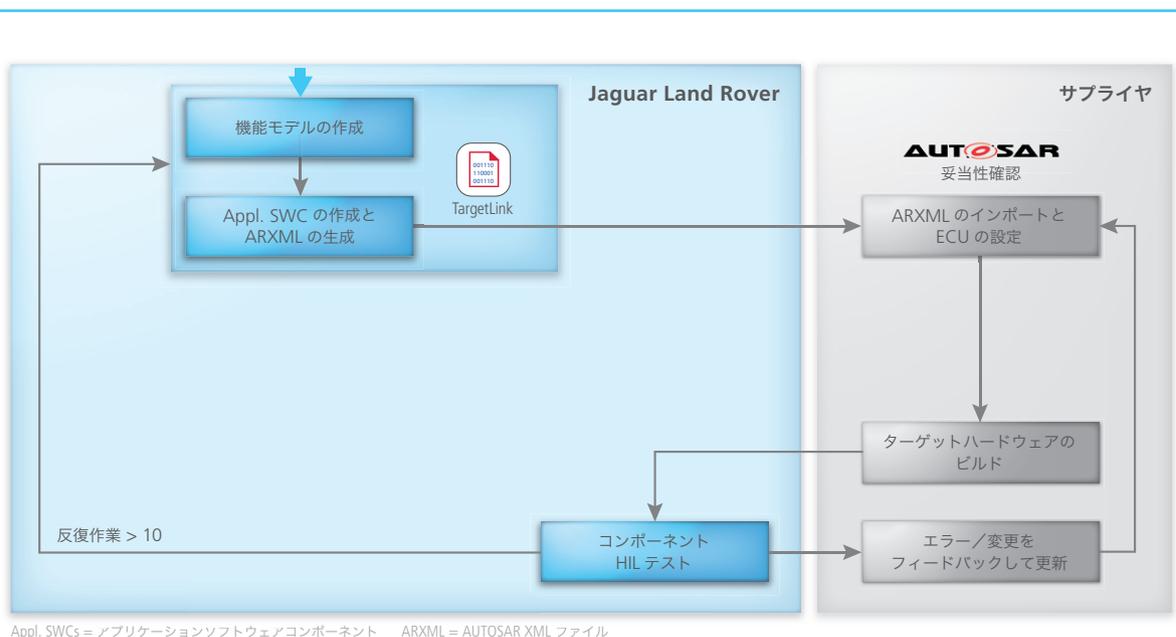
Mock-up Unit (FMU) を使用して既存のプラントおよびシミュラスモデルを VEOS® シミュレーション環境にインポートし、V-ECU テストを改善することを検討しました。もう 1 つの V-ECU 作成ツールとして、レガシーソースコードからバーチャル ECU を生成する dSPACE の Legacy Code Integrator を導入することも検討されました。最後に、同社の HIL テストエンジニアは dSPACE の担当者と協力し、V-ECU の作成とテスト環境でのセットアッ

dSPACE 製品の使用

PS グループでは、V-ECU の開発およびテストプロセスを効率的に導入するため、次の dSPACE ツールを幅広く使用しました。

1. TargetLink® (Data Dictionary および量産コード生成ツール) は量産コード生成に適した優れた業界標準ツールであり、ソフトウェアコンポーネントの開発に使用されています。

図 1：成熟したアプリケーションが利用できるようになる以前の、複数の反復作業を必要としたコストのかかる元のパワーシステム (PS) の開発プロセス



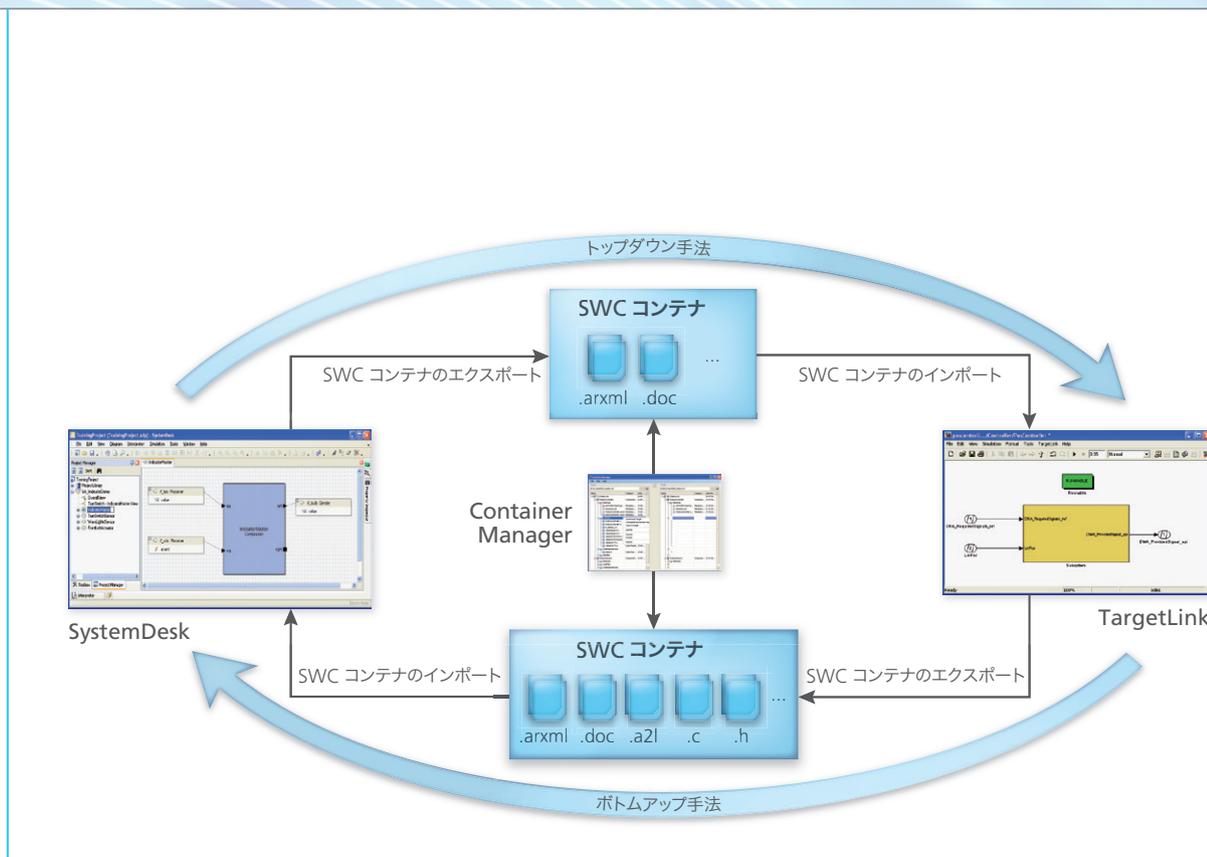


図2：TargetLinkによるソフトウェアコンポーネントのモデリングから開始するボトムアップ手法と、最初にSystemDeskでアーキテクチャを定義するトップダウン手法

2. SystemDesk®はPSグループのツールチェーンに導入され、AUTOSARアーキテクチャのモデリング、AUTOSARルールセットとの適合性の検証、ソフトウェアコンポーネントの統合、およびV-ECUの生成に使用されるなど、優れたシステムアーキテクチャツールであることを証明しました。SystemDeskはPSグループにとって新しいツールでしたが、これまでサプライヤが実施していた業務をソフトウェア開発チームが新たに取り入れるうえで重要なツールでもありました。そのため、PSグループはSystemDeskについてすばやく習熟する必要がありましたが、その際ドキュメントが非常に役立ちました。今では業務に不可欠なツールとなっています。

3. VEOSも、テスト用V-ECUのシミュレーション向けの新たなツールとして導入されました。柔軟性の高いシミュレーションプラットフォームであるVEOSは、仮想テストの際の品質向上において中心的な役割を果たします。VEOSの主な利点は、サードパーティ製モデルとの互換性や、PAUSE、STEPなどの機能による高レベルのシミュレーション制御、および実行ステップ時間の設定を行える点です。

4. ControlDeskは、すでにHILエンジニアがシミュレーション試験用ソフトウェアとして利用しています。V-ECUおよび実ECUのテスト向けに同じツールを使用し、試験を共有できることは、時間とスキルの両方の観点から極めて有益でした。

上記の通り、Jaguar Land Rover社がAUTOSARソフトウェアの開発および仮想/HILテストですでに使用していた製品を活用しつつ、仮想検証ワークフローを実現するうえで、dSPACE製品は極めて重要な役割を果たしました。

仮想検証の利点

仮想検証の目的は、開発サイクルのより早期の段階へテストをフロントローディング(左シフト)すること、および全般的な品質の向上を図ることにあります。Jaguar Land Rover社では、V-ECUを使用することにより、コンポーネントレベルのテストを左シフトすることができました(図3)。これにより、開発中のソフトウェアの品質および信頼性レベルが大幅に向上しただけでなく、同社の製品開発サイクルのより早期の段階へテストをシフトすることができました。AUTOSARコンポーネント開

発の面では、新しい仮想検証ワークフローの導入により、特にモデルからコンポーネントテストプラットフォームまでのラウンドトリップの迅速化が実現しました。PSグループは、V-ECUを用いた開発およびテストプロセスにより、検証および妥当性確認に要する時間を12週間短縮することができました(図4)。仮想検証プロセスのその他の利点にはエラー検出性能の向上があり、これを早期の段階でテストを実施する機能と組み合わせれば、より幅広いHILテストと堅牢なECU統合を実施できるようになります。同社では、早期の段階での仮想テストの回数を増加させ、そこで短縮した時間を利用してコンポーネントおよびシステムレベルでのHILテストを着実に行うことにより、品質の信頼性を大幅に向上させ、機能ソフトウェアの全体的な開発期間を短縮することができました。また、仮想検証プロセスに付随する新たなワークフローのおかげで、社内的な開発効率だけでなく、PSグループとコンポーネントサプライヤとのやり取りにおける効率も向上しました。

まとめと次の段階

Jaguar Land Rover社は仮想検証を活用することにより、開発プロセスに実装す

>>

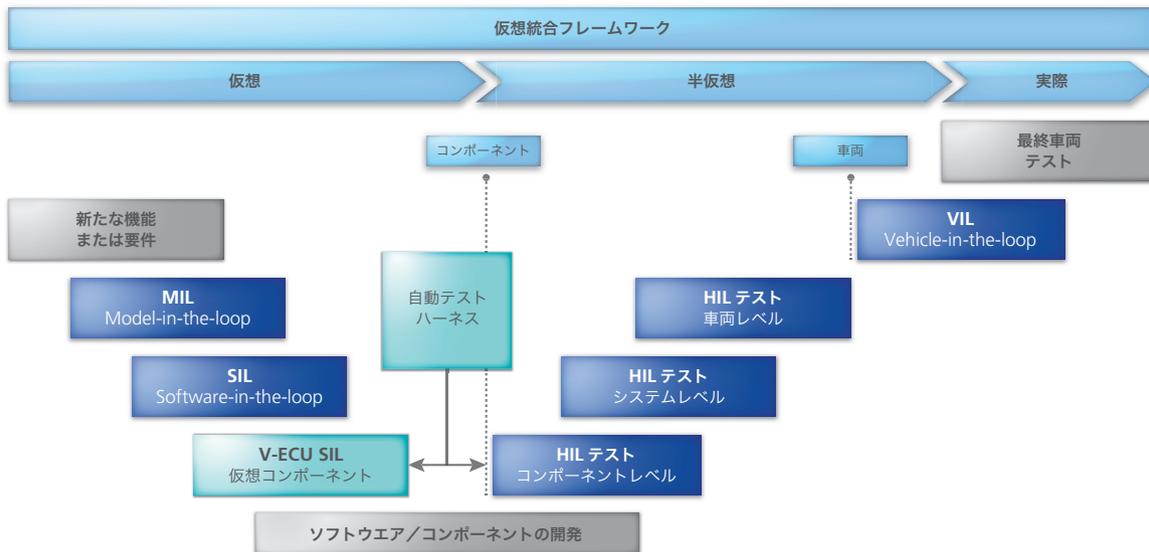


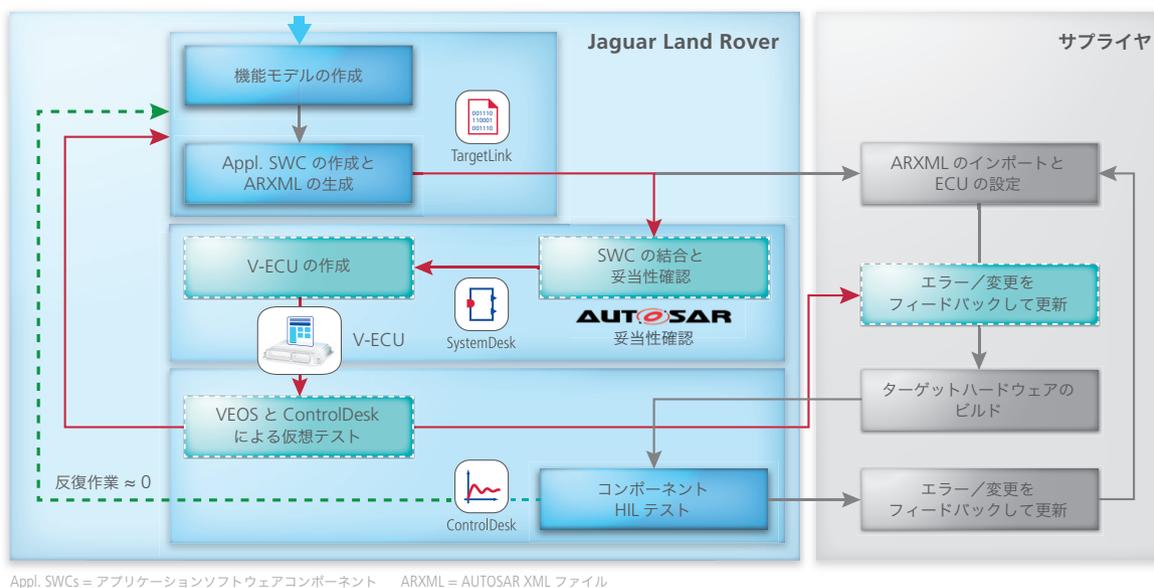
図3：V-ECUを使用した仮想検証により、コンポーネントテストの左シフトが可能になります。

べき変更に関する重要な知見を得ることができました。また、同社およびサプライヤの既存のプロセスに合わせてツールチェーンやワークフローを柔軟に調整することも実証されました。

このように、AUTOSARソフトウェアの開発に仮想検証を導入し、一貫性のある形式化された手法を実現することで同社が得られる利点は明かです。今後、同社では次の方法で仮想検証機能を拡張していく予定です。

1. SCALEXIO® HILテストリグおよびMicroAutoBox® II上でV-ECUを使用することにより、テスト性能を向上。
2. 複数のV-ECUで構成され、車両を再現するレベルにまで構築されたネット

図4：Jaguar Land Rover社のテスト能力が向上した、変更後の仮想検証ワークフロー（青緑色のボックスと赤い線で記載）。これらの変更により、サプライヤに引き渡す前のアプリケーションの完成度が向上し、製品展開の準備が整うまでにサプライヤが行わなければならない反復作業が減少します。



Appl. SWCs = アプリケーションソフトウェアコンポーネント ARXML = AUTOSAR XML ファイル

「dSPACE 製品は、当社の仮想検証ワークフローの実現において、極めて重要な役割を果たしました」

Leonardo Poeti 氏、Jaguar Land Rover 社

ワークにより、システム全体および車両レベルの仮想検証を実施。

3. HIL シミュレーション環境で複数の V-ECU と実 ECU を統合。
4. V&V 環境内でバーチャル ECU から実 ECU へのシームレスな移行を実現。
5. 既存の ECU に新たな機能を追加する場合、既存のシステムアーキテクチャを再利用して V-ECU を生成。■

Will Suart 氏、
Leonardo Poeti 氏、
Karthik Ponudurai 氏、
Renjith George 氏、
Jaguar Land Rover 社

Will Suart 氏

技術グループリーダー、モデルベース設計およびソフトウェア V&V グループ、Jaguar Land Rover 社 (英国)



Leonardo Poeti 氏

仮想検証機能担当エンジニア、システムおよびソフトウェアグループ、Jaguar Land Rover 社 (英国)



Karthik Ponudurai 氏

ソフトウェア担当エンジニア、パワーシステムグループ、Jaguar Land Rover 社 (英国)



Renjith George 氏

ソフトウェアアーキテクチャエンジニア、システムおよびソフトウェアグループ、Jaguar Land Rover 社 (英国)



仮想検証を行う理由

- 新たな仮想検証ワークフローにより、ラウンドトリップの迅速化が可能となりました。実際に、PS グループは検証と妥当性確認に要する時間を 12 週間短縮することができました。
- Jaguar Land Rover 社は、V-ECU を活用することにより、コンポーネントレベルのテストを製品開発サイクルの非常に早期の段階に左シフトすることができました。これにより、開発中のソフトウェアの品質および信頼性レベルが大幅に向上しました。
- dSPACE は Python スクリプトを使用してワークフローをカスタマイズし、V-ECU 作成向けのワンクリックソリューションを提供しました。
- Jaguar Land Rover 社では、実 ECU の HIL テスト用に以前実装されたテストセットアップと同じテストセットアップを、V-ECU テストに再利用することができました。
- コストのかかる反復作業の数が、10 以上からほぼ 0 にまで削減されました。
- ECU テストの最大 80% が V-ECU で実施されました。