



市場に提供される商用車は多種多様です。SCANIA 社でも、無数の車両タイプやモジュール型の車両構成を取り扱っています。また、一般的な電子制御ユニット (ECU) システムにも多数のバリエーションがあります。SCANIA 社の新しいテストラボでは、このような ECU システムの信頼性のある検証方法を導入しています。



輸送車両および商用車にとって「信頼性」は非常に重要な要素です。その信頼の上に、多くの人々の日常生活が成り立っているからです。しかし、そのような車両が最大限に稼働しながらも高い信頼性を保っているという事実は、決して偶然の結果ではありません。それはメーカーの長年にわたる経験と、各車両の日々の運転操作で求められる要件に完全に適合する性能を実現させようとする努力に基づいています。各車両の要件は、乗客を輸送する車両、貨物を運搬する車両、安全な動作が必須の特殊車両までさまざまであり、舗装されたアスファルト道路やぬかるんだ建設現場など、その用途によっても要件はまったく異なります。

さまざまな用途に適合する車両

SCANIA 社の目標は、それぞれの用途に完全に適合した車両を提供することです。輸送、建設現場の交通（ばら積み貨物車両）、自治体車両（ごみ収集車、道路清掃車、除雪車）、旅客輸送（バス）、および特殊車両（消防車）など、各分野で求められる車両の要件はまったく異なります。また、それぞれの分野もさらに細分化されており、個別の特殊な要求に合致する特性を備えた車両が必要となります。たとえば、輸送トラックは特定の貨物タイプ（大型貨物、冷凍貨物、液体、ばら積み貨物

など）に応じた最適な構成を持ち、細部にも配慮した形で提供する必要があります。

高性能な車両テクノロジー

SCANIA 社の車両の各仕様書には、「安全な走行性能、円滑な車両操作、および低燃費」という目標が明記されています。これらの目標を技術的に達成するには、電子コンポーネントやソフトウェアによる技術革新が不可欠です。SCANIA 社の最新の車両には、さまざまな ECU が連携する複雑な電気/電子 (E/E) システムが搭載されており、ブレーキの強化、車両安定化プログラム (ESP)、監視カメラ、および先進運転支援システム (ADAS) などを実現しています。これにより、交通における安全性向上や、経済的で環境にも配慮した性能の提供、および最大の快適性を実現しています。

効率的なモジュール型システム

車両の用途の多様化に対処しなければならない車両開発者にとって、解決すべき課題はますます増えています。要件によっては、キャブ、エンジン、トランスミッション、およびシャシーなどの主要コンポーネントをうまく組み合わせて、特殊かつ完全に独自の車両構成を開発しなければなりません。これらの開発タスクを経済的な方法で管理し、実装するためには、高度に洗練されたモジュール型システムの使用が不可欠です。

ECU のバリエーションシステム

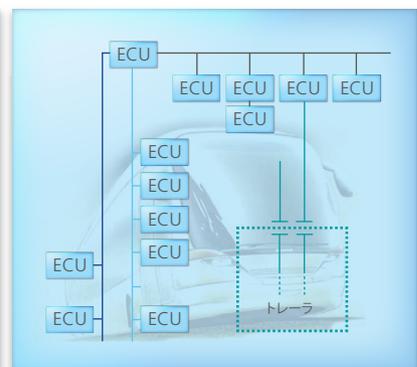
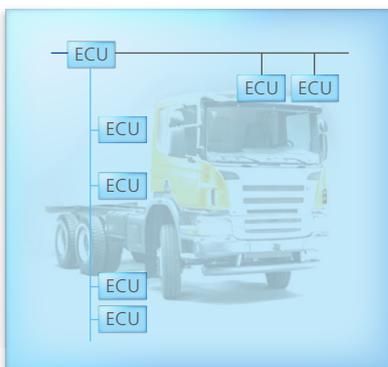
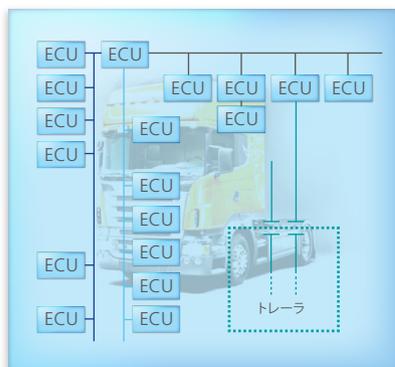
SCANIA 社では、機械コンポーネントは用途の特性に合わせて設計するのに対し、E/E システム、特に ECU については、汎用的な設計を使用しています。トラックからバス、除雪車まで、すべての車両には同一の E/E システムが搭載されていますが、ECU に関してはモジュール型アプローチを採用しています。このアプローチでは、車両固有の機能や ECU の機能特性を、車両設定ファイル (SOPS : SCANIA Onboard Product Specification) で定義されたパラメータを使用して実装します。このファイルは、いわば車両の DNA のようなものであり、設定や機能が最も詳細なレベルまで記述されています。ただし、このバリエーション方式を使用して ECU バリエーションを作成した場合、実装したすべての組み合わせについて妥当性確認を行う必要が生じます。

高度なテスト要件

現在の車両フリートの E/E システムに対して確実かつ効率的に妥当性確認を行うことは、SCANIA 社の最も重要な業務の 1 つです。これを実現するには、開発者が個々のコンポーネントの機能を開発する時点から使用することができ、同時に E/E システム全体を (必要に応じて自動で) テストできるようなテストシステムが必要となります。このテストシステムは、テスト対象となるシステムに最終的に適用される基準と同じ基準を満たしている必要があります。モジュール型設計、バリエーション管理の容易性、および高い信頼性が求められます。SCANIA 社では、既に従来のテストシステムである I-Lab2 (Integration Laboratory) のシミュレータに関するノウ

車両フリートの E/E システムは 93 個の ECU で構成されており、dSPACE 製のシミュレータシステムを使用して妥当性確認を行っています。

車両や機能によって、基本的な ECU の他にオプションの ECU が追加されます。



さまざまな ECU バリエーションのケーブルハーネスを自動的にシミュレータに接続

ハウのあった dSPACE の協力を得て、現在の E/E システムに対応したテストコンセプトの開発に乗り出しました。新しいテストシステム (I-Lab3) は、以下の範囲および要件を満たす必要がありました。

- 93 個の ECU (実際の ECU およびレストバスシミュレーションを含む)
- 30 個の CAN/LIN バス
- 17 種類のエンジン (コモンレール、ユニットインジェクタ、CNG、Euro 3, 4, 5, 6)
- 10 種類のトランスミッション (マニュアル、オートマチック、セミオートマチック)
- 最大 5 つの車軸/ホイール構成
- ECU 切り替えの自動化
- CAN アーキテクチャ再設定の自動化

システムテストにおけるテストコンセプト

複雑な ECU ネットワークの妥当性確認には、組込みテストを使用します。これにより、複雑なシステム内の相互に依存するさまざまなコンポーネント (ECU) の相互作用を検証します。ECU テストには、定評のある HIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションを使用します。これにより、制御対象システム (エンジン、トランスミッション、サスペンション、快適支援システム、および運転支援システム) を仮想的に表現し、各 ECU と連携動作させます。さらに、制御対象システムは、相互に接続されてバーチャルピークルを形成します。このようにして得られるテストシステムは、ネットワークシミュレータ (統合 HIL) と呼ばれます。SCANIA 社では、高速光ファイバケーブル (Gigalink) で相互接続した 14 台の dSPACE Full-Size シミュレータで構成されたネットワークシミュレータを使用して、すべての ECU をこの HIL 手法で検証することにしました。この際、ECU ハードウェアを自動的に切り替えるのは非常に難しいため、リニアロボットを使用して、さまざまな ECU のケーブルハーネスをシミュレータに接続することにしました。

>>



シミュレータの技術詳細

- ワイドサイズ 41 HU キャビネット x 14
- DS1006 Processor Boards (クワッドコア) x 9
- 約 3,400 チャンネルを備えた I/O ボード x 60
 - デジタル I/O チャンネル x 1,500
 - ADC チャンネル x 600
 - DAC チャンネル x 370
 - 抵抗シミュレーションチャンネル x 150
 - PWM 入力 x 300
 - PWM 出力 x 130
- 以下の専用チャンネル :
 - インジェクタ計測
 - クランクシャフトおよびカムシャフトセンサ
 - ノックセンサ
 - ラムダセンサ
 - 誘導型位置センサ
- CAN チャンネル x 88
- 特別設計の CAN ゲートウェイモジュール (別個の CAN を介して制御) x 66
- 欠陥生成ユニット (FIU) x 150、各 10 チャンネル

Body Electronics

ADAS

シミュレーションモデル

SCANIA 社のキャビネット天候モデル
 エアスプリングモデル
 ASM Traffic
 ASM Pneumatics
 ASM Vehicle Dynamics



ラボに設置されたバーチャルビークルシミュレータ、手前はオペレータシステム。

完全なテストラボの実現

このような大規模なテストシステムでは、まずは総合的な実現可能性やコストパフォーマンスのチェックを行う必要がありました。チェックを経て、技術的および経済的観点からコンセプトの実現が承認されると、このネットワークシミュレータを実現するためのさまざまな作業が同時に開始されました。dSPACE がシミュレータを構築している間に、SCANIA 社ではオペレータ制御室を含む空調完備のラボルームの整備を進めました。制御室では、開発者が 6 台のワークステーションを使用してテストの実装や評価を行います。これまでで最大規模の dSPACE シミュレータを格納した

ラボが実現すれば、ラボに入室してオペレータボックスからテストを制御するというたった 1 つの手順だけで、実負荷を含む ECU の構築に必要な作業が完了することになります。

シミュレータ固有の技術的特徴

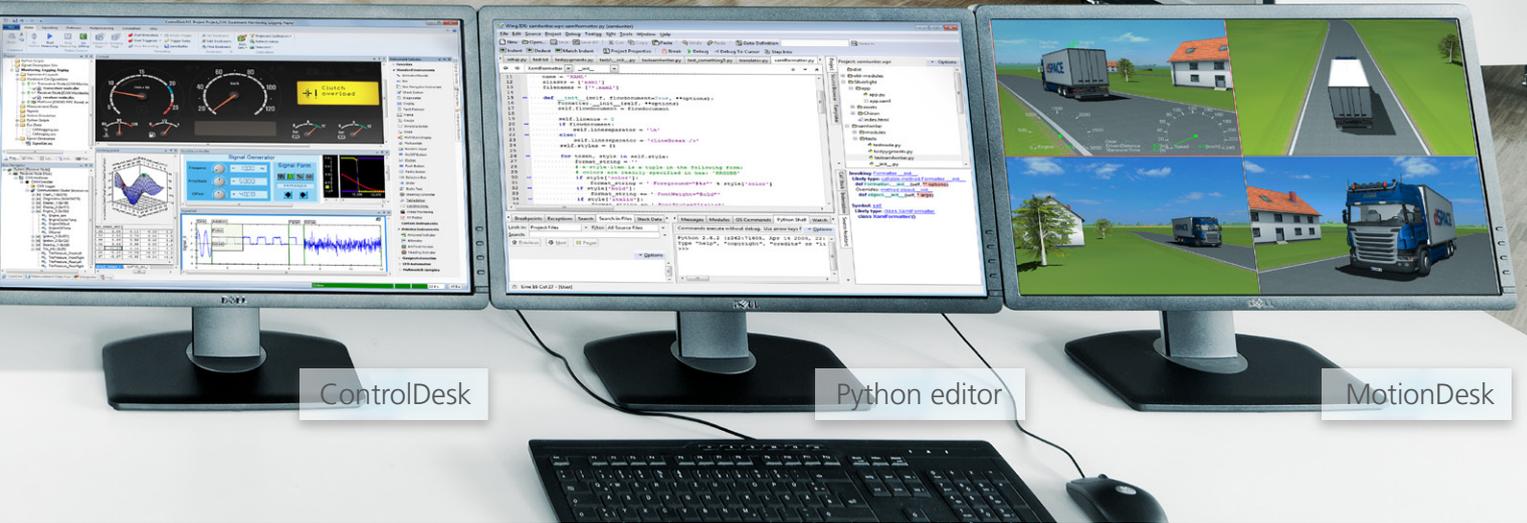
設計コンセプトでは、非常に多様なバリエーションを管理できるようにするため、ECU ファミリの個々の ECU バリエーションを容易に切り替えることができるようにしました。また、すべての擬似負荷や実負荷をコンパクトに実装した ECU の構築も可能にしました。ECU ファミリの複数のバリエーションを含んだシミュレータキャビネット

Vehicle Dynamics

Drivetrain



シミュレーションモデル
 SCANIA 社の NO_x モデル
 ASM Truck
 ASM Trailer
 ASM Diesel Engine
 ASM Gasoline Engine



ControlDesk

Python editor

MotionDesk

は、エンジン、トランスミッション、またはブレーキマネージメントシステムなどの用途に応じて、接続を完全に自動で切り替えることができます。各 ECU には、通常の I/O チャンネルに加え、電流計や欠陥生成ユニット (FIU) も組み込まれています。

柔軟な CAN 設定

シミュレータの CAN トポロジは、多数のバリエーションに対応するように特別に設計されました。バスの終端は各車両構成により異なるため、グローバルバスは 2 本のループを形成し、(操作ゲートウェイを含む) すべてのシミュレータを経由しています。各 ECU

は、特別開発のモジュールを使用して個別にループに統合することができ、ループへの割り込みはいつでも可能です。これにより、設定ごとに、終端になる ECU をトポロジの右端または左端に切り替えることができます。

シミュレーションモデルとパラメータ設定

シミュレータ全体で使用するためのシミュレーションモデル (プラントモデルおよび I/O モデルで構成) も開発されました。シミュレーションモデルの計算は 9 枚のプロセッサボードの 15 以上のコアに分散して行われ、プラントモデルと I/O モデルは常に別々

>>



エンジン、ビークルダイナミクス、および交通環境を含むトラックおよびトレーラのシミュレーションを行う場合、dSPACE の ASM シミュレーションツールスイートを使用しています。

のコアを使用して計算されます。I/O モデルにはすべての ECU 信号のスーパーセットが含まれ、各チャンネルは個別に有効化や設定を行えます。プラントモデルとして、ASM Gasoline/Diesel Engine、ASM Truck、ASM Trailer、ASM Pneumatics および ASM Traffic を含む dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) も使用されています。SCANIA 社では、モデルを空気供給システムの固有の要件に従って変更し、オートマチックまたはマニュアルトランスミッション用に拡張しました。モデルの各部分の有効化およびパラメータ設定には ModelDesk を使用し、個々の車両構

成に応じて Variant-Based Workflow Management (VBWM) も使用しました。これにより、以下の車両特性を表現することができます。

- エンジンタイプ：ディーゼルまたはガソリン
- エンジンの排気量および気筒数：5/6/8 気筒、排気量 9、13、または 16 リッター
- トランスミッションタイプ：マニュアル、オートメテッド、またはオートマチックトランスミッション（メインギアボックスおよび場合によってレンジグループおよびスプリットギアで構成）
- 車軸数および駆動軸：4x2 ~ 8x4/4、複数の操舵軸

- サスペンション：スチールスプリング（リーフ）またはエアスプリング（2ペローズ式、4ペローズ式、昇降式車軸）
- プレーキタイプ：ABS または EBS
- ビークルダイナミクス
- 環境センサ
- その他のコンポーネント：ターボチャージャー、リターダ、パワーテークオフ、ディーゼル排気後処理

テストオートメーションおよびバリエーション処理

SCANIA 社では、エンジン、ビークルダイナミクス、運転支援システム、および専用機能の開発におけるすべてのテストで使用できる総合的なテストライブラリを保有しています。テスト設定およびテストプロセスを管理するテストオートメーション (TA) フレームワークには、Python ベースのテストも統合されています。バリエーション処理をこのフレームワークに完全に統合することにより、シミュレータ設定と ECU が確実に適合するようになります。ここでは、ピン割り当てなどの ECU の詳細を含む SOPS ファイルから TA フレームワークが供給され、テスト対象 ECU の SOPS データに基づき、モデルおよびシミュレータが自動的に設定およびパラメータ化されます。

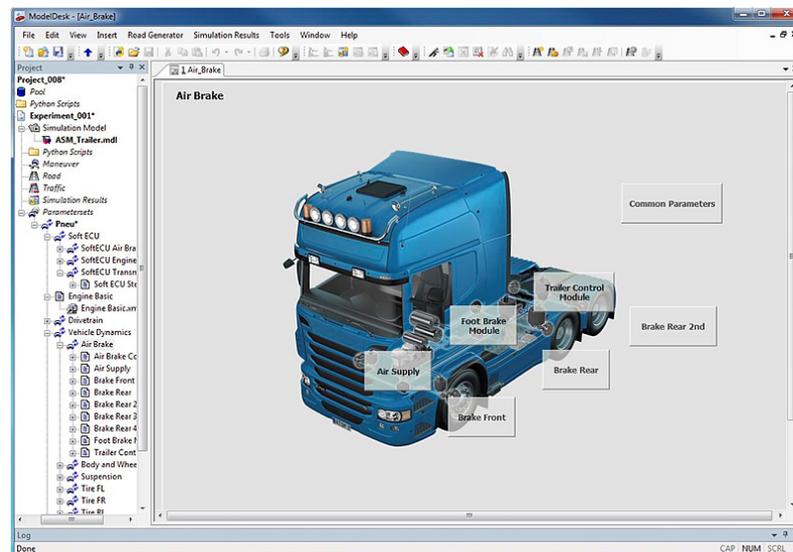
テスト作業

シミュレータは主に以下のタスクについて、すべての ECU の統合テストを実行します。

CAN 通信テスト：

- すべての ECU を CAN ネットワークに接続したときに、正確な CAN メッセージが正確な間隔で送信されていることを確認

Automotive Simulation Models (ASM) とパラメータ設定ソフトウェア ModelDesk を使用することで、バリエーション管理を効率的に行えます。





写真クレジット：© SCANIA

堅牢性のテスト：

- 低電圧またはグラウンドの接続不良などの例外的な状態の影響を判定
- CAN ストレステストおよび異常なバス負荷の影響を判定

診断テスト：

- ECU のセンサ故障または電気接続の欠陥を検出

ユーザ機能テスト：

- アダプティブクルーズコントロール
- 自動緊急ブレーキ
- 温度調節
- インストルメントクラスタ警告

シミュレータを使用すれば、危険な状況での挙動テストなど、困難を伴う車載機能のテストを実行する場合でも常に効果的に信頼性の高い結果を得られます。各種のテストを通じて、I-Lab3 は効果的なサポートを提供しました。

高い経験値

SCANIA 社にとって、品質は常に最優先事項です。そのため、新しいテストシステムについては、周到な準備と計画が行われました。さらに、非常に多数のテストケースとバリエーションについて、1 年近くをかけて広範囲にわたるテストを実施しました。これまでのところ、シミュレータは想定外の停止などを一度も起こさず、信頼性の高さを証明しました。日常的なテストでは、手動のテストおよび完全に自動化されたテスト（通常、夜間や週末などに実行）のいずれにおいてもこのシステムが有効であることが確認されました。シミュレータの活用により、早期に車両全体をテストし、早い段階でソフトウェアの完成度を高めることができます。シミュレータは、多数の異なるバリエーションによって発生するテスト回数の増大に確実に対処するための土台となります。SCANIA 社では、高品質なテストシステムを維持するために、計画的な保守作業を行っています。さまざまな部署の開発者がシミュレータを使用して ECU の統合と検証を行う一方で、すべての保守作業は 8 名で構成されたチームが担当するという特別なプロセスにより、テストオー

トレーション、手動テスト、テストの作成およびデバッグ、およびテストシステム開発のバランスを保っています。

まとめと今後の展望

SCANIA 社では、I-Lab3 を使用することにより、新しい機能の車両全体への統合が可能な信頼性に優れたテストシステムを実現しました。これにより、これまで必要な深度が得られなかったテストも実行できるようになりました。このテストシステムは柔軟かつモジュール型のコンセプトにより、将来にわたって継続的に使用することができます。SCANIA 社は、新しい ECU やより高度なテスト作業に対応するため、引き続きテストラボの開発を行います。dSPACE では、既に次のシステムに関する依頼を受けています。 ■

Scania AB のご好意により寄稿、スウェーデン

まとめ

スウェーデンのトラックメーカーである SCANIA 社は、膨大な数の ECU バリエーションが存在する汎用的な E/E システムの妥当性確認における信頼性の向上という課題に取り組んでいます。SCANIA 社では、93 個の ECU をテストするために、dSPACE 製のシミュレーションモデルを使用して車両全体のシミュレーションを実行しています。シミュレータでは、さまざまな ECU ファミリの個々のバリエーションを自動的に切り替えることができます。これにより、機能統合を行う開発者は、新しい機能のテストをバーチャルピークル全体で行うことが可能になりました。SCANIA 社では、このシミュレータにより、高い品質基準を容易に達成することができます。

