

# HIL と SIL の有効活用

## ▲ Audi 社の開発プロセスにおける dSPACE シミュレータの統合

## ▲ シミュレーションにおけるコントローラの適合とパラメータ設定

## ▲ シミュレーションとテストドライブの最適な組み合わせ

これまで、HIL (Hardware-in-the-Loop) および SIL (Software-in-the-Loop) シミュレーションは、電子制御ユニット (ECU) とソフトウェアをテストするために使用されてきました。今回、これに新しい適用分野として、シミュレーションを使用した車両安定性コントローラの適合とパラメータ設定が加わりました。このような仮想的な適合手順は、非常に精密なモデルと車両ダイナミクスを最適化する新しいアプローチを必要とし、それと同時に、開発プロセスに関する多くの問題を提起します。

Audi 社では、車両ダイナミクス開発のプロセスを整備してきました。この中で、HIL と SIL シミュレーションはあらゆるプロジェクトで不可欠な部分となっています。同社では、HIL/SIL のスペシャリストによるチームを立ち上げ、仮想的な手順を用いて開発作業を処理する、部署内でのサービス提供者としての役割を果たすようにしました。

### 開発プロセスの目的

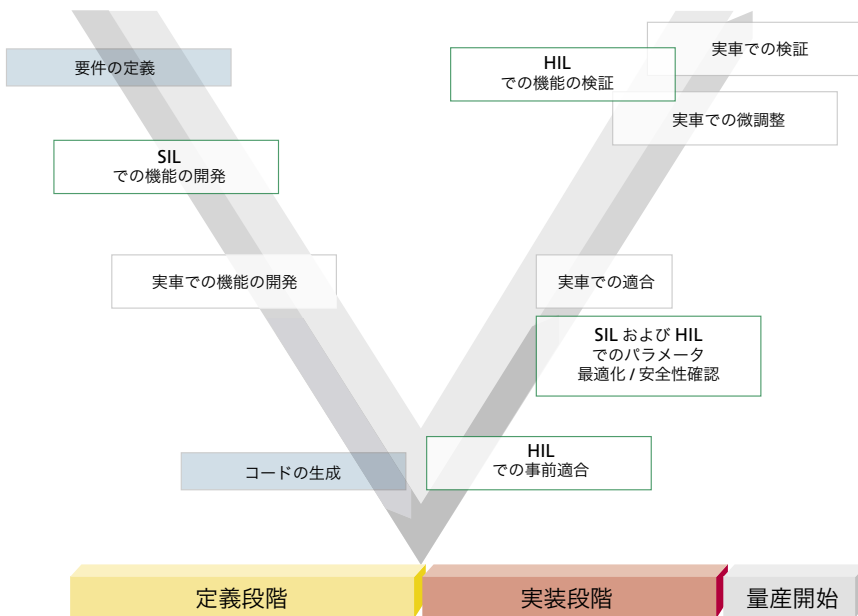
同社の開発プロセスの目的は、できる限り多くのお客様とプロセスの目的を実現すること、および最大の付加価値を生み出すことです。

- ▲ 制動距離を短くするなど、コントローラ機能の最適化
- ▲ 細部まで行き届いたテストにより確保された、制御ロジックの適切な妥当性確認
- ▲ モデルベースの機能開発とパラメータ設定を用いた技術的変更に対する迅速な応答
- ▲ ECU ネットワークに関する専門的知識。車両に機能と ECU の数が増えるにつれて、この分野の知識の重要性が増えています。
- ▲ 時間のかかる開発作業の体系的な自動化による付加価値の最大化

上記の目的を達成するには、基本的なシステムの適切な理解が不可欠です。HIL および SIL シミュレーションを早い段階で使用することは、これに役立ちます。これらのシミュレーションは、より体系的で目的に応じたテスト車両の活用を可能にします。手法、モデル品質、およびプロセスは、シミュレーションの可能性においてすべて等価な要素であり、継続して取り組む必要があります。

### 手法

手法を向上させるために、私達は、車両ダイナミクスの特性を客観化することに取り組んでいます。このために、品質評価プロセスが導入されました。私達は、車両ダイナミクスを評価するために、客観的な特性を定義してきました。客観的な特性を使用することで、純粋に現象的な側面から、さまざまなコントローラの構成を比較することができます。車両ダイナミクスに関する複数の品質基準を組み合わせることで作業固有の品質ベクトルを構成します。この品質ベクトルを使用して、シミュレーションでのコントローラパラメータの自動最適化を実現することができます。この最適化プロセスは、dSPACE の HIL および SIL システム上で使用可能です。



▲ シミュレーションとテストドライブの最適な組み合わせ：早い段階でHILおよびSILシミュレーションを使用すると、テストドライブの回数を減らすことができます。

このために、Audi 社では dSPACE シミュレータを使用しています。HIL/SIL チームの作業には、車両ダイナミクス制御におけるさまざまな機能の車両固有のパラメータを設定することと、ECU ネットワークにおける新しいブレーキシステムと安定性機能を開発することが含まれます。

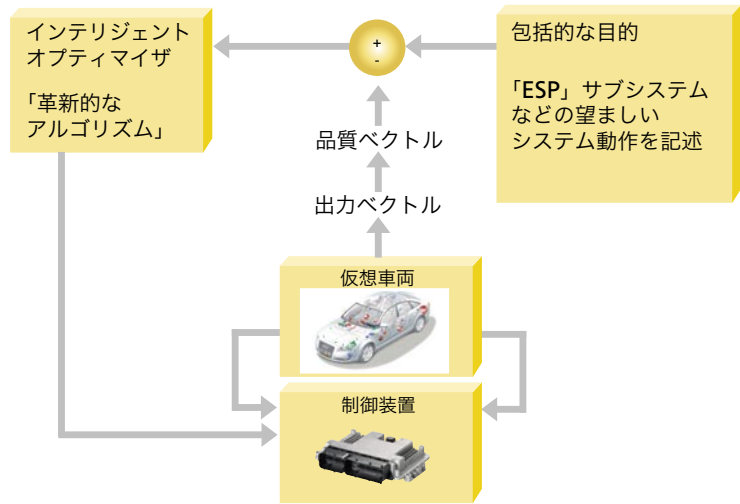
**モデル品質**

要求されるモデル品質のレベルは、機能開発、パラメータ設定、最適化、またはソフトウェア機能テストなどの作業に依存します。私達は、これを処理するためにモデルのクラスを導入し、クラス固有のモデル品質を達成するのに必要なステップを定義しました。対象データにより拡張された先行モデルを起点として、いくつかのステップを経て、最終的に具体的なテスト車両に対応する完全に妥当性が確認されたモデルとなります。

良好なモデル品質を実現するために、私達はまず、車両のダイナミクスモデル全体を、複数のモデルモジュールに分割します。モジュールのパラメータは、テストベンチおよび担当部署のシミュレーション結果から得られたものであり、したがって個別にモジュールの妥当性を確認してテストすることができます。

モジュールは、車両全体の特定のバージョンを作成するための構成ブロックです。

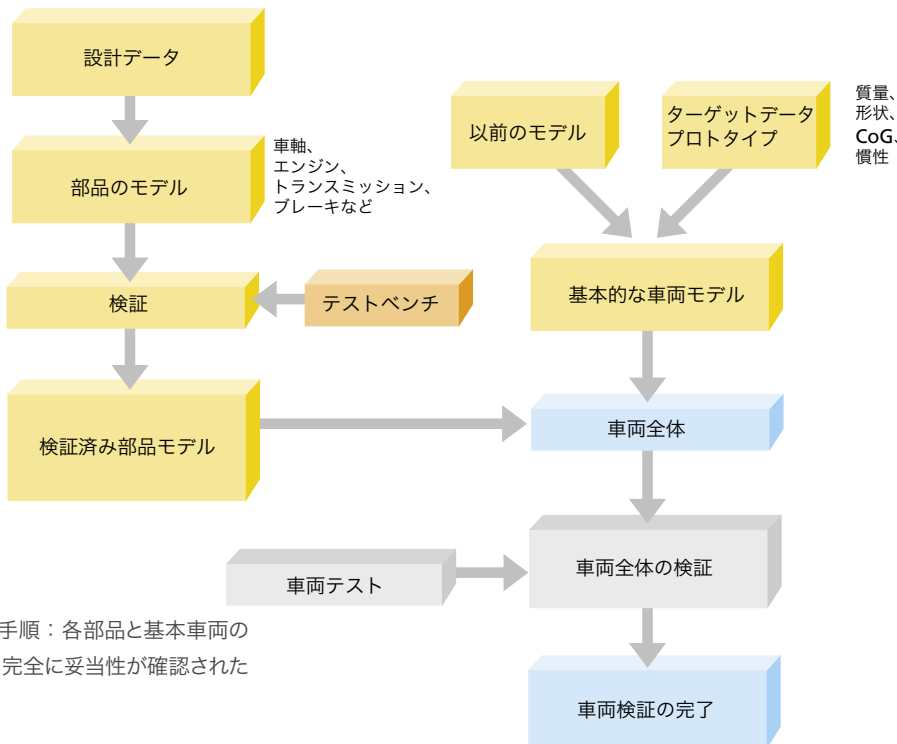
テスト車両の運転操作から得られた計測データは、特定のバージョンのモデル全体の妥当性を確認するために使用されます。これにより、シミュレーションとテストドライブの比較可能性が保証されます。



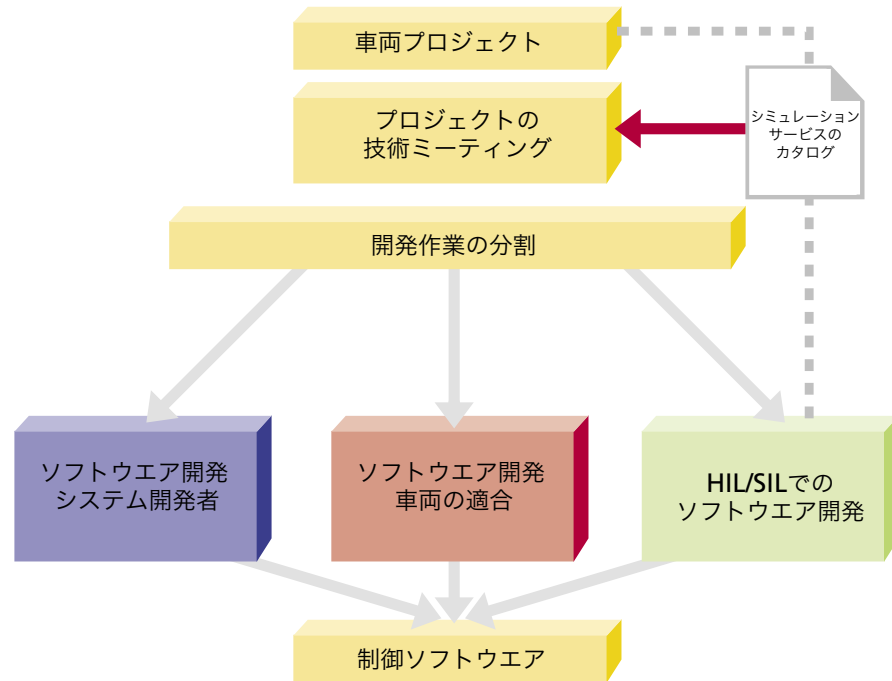
▲ 手法を向上させるために車両ダイナミクスを客観化する。

**プロセスの統合**

私達のシミュレーションサービスの「カタログ」は、シミュレーション作業を車両開発プロセスに組み込む際の鍵となります。特定の機能を担当する開発者は、技術プロジェクト会議でこのサービスカタログに基づいてシミュレーション作業を委託することができます。サービスカタログには、実行される作業の範囲、達成可能なシミュレーション品質、および要求されるモデルクラスについての詳細が記載されています。



▲ モデル化手順：各部品と基本車両のモデルから、完全に妥当性が確認された車両まで。



▲ プロセスフロー：HIL および SIL シミュレーションの統合

カタログ導入には、主として次の2つの目的がありました。

- 担当の機能開発者に、車両プロジェクトにおける安定した計画の基準を与えること。
- 手法開発とモデル化作業を実行する際に、従来より要件に対する適応性を高めること。

### 最後に

HIL および SIL は、車両ダイナミクス制御の適合、最適化、および妥当性確認において卓越した能力を発揮します。現在、リアルタイム対応モデルでは、自動化されたパラメータ設定が可能となっています。このための要件は、車両ダイナミクスが客観化されていること、プロセスがシームレスに統合されていること、およびモデルがモジュール構造を持っていることです。私達は、サービスカタログを

適な組み合わせの実現に向けて貢献することになります。この最適な組み合わせにより、シミュレータと実車のそれぞれのツールとしての長所がフルに活用されます。手法、モデル品質、プロセスという成功要因の体系的な開発を通して、私達は徐々にこの組み合わせのバランスをシミュレーション寄りにシフトしていくことに取り組んでいます。

Jörg Pfau  
Development vehicle dynamics control  
HIL/SIL シミュレーション、チームリーダー  
AUDI AG  
Ingolstadt、ドイツ

「HIL および SIL シミュレーションを使えば、実車での開発に比べ、多くの開発作業を非常に短時間で実行できます。このことで、多くの時間を節約することができます」

Jörg Pfau

基準として使用して、車両プロジェクトに HIL および SIL シミュレーションを組み込むことを可能にしました。このことは、シミュレーションとテストドライブによる開発の最

### 用語解説

**客観化** – 主観的な車両の動作を、客観的に計測可能な物理的変数を用いて記述すること。

**品質ベクトル** – 品質基準に関するベクトルの集合

**現象的** – ここでは、ドライバーと車両の相互作用にまでわたる車両の動作を調査すること。