

Dynamic Models



ビークルダイナミクス性能は、自動車メーカーにとって特に重要な機能です。Porsche 社では、効率的でシームレスな車両開発プロセスにより、優れたビークルダイナミクスのコンセプトを最初の開発ステップから最終的な製品まで伝達しています。





図1：駆動系およびシャシーアプリケーションの妥当性確認を行うHILテストベンチ。ECUの取り付けや実部品（スロットルバルブ、インジェクタ、トランスミッションバルブ、電子制御パーキングブレーキ用アクチュエータ、ラジエータシャッタなど）の統合を行うためのセットアップは、写真中央後方にあります。

Porsche社の車は、ピークルダイナミクス性能の面で非常に優れています。高性能なピークルダイナミクスを実現するためには、すべての車両コンポーネント、特にボディやシャシー、ホイールの相互作用を高精度で微調整する必要があります。Porsche社が抱くピークルダイナミクス性能への野心的な目標を達成するうえで、アクティブシャシーコンポーネントがますます重要になっています。これらのアクティブコンポーネントには、車両安定化プログラム (ESP) や、アクティブ減衰制御、Porsche Dynamic

Chassis Control (PDCC) が含まれます。PDCCは、コーナリング中の車体のロールを限りなくゼロまで低減させ、俊敏な走りや快適性を向上させる機能です。車両バリエーションの数が増え続ける一方で、開発サイクルがますます短くなってきている状況において、開発プロセスに車両の仮

想シミュレーションを導入する必要性が高まっています。

HILテストベンチによる機能およびECUのテスト

Porsche社では、開発プロセスにおいて電子制御ユニット (ECU) のテストを自動化しており、その中でHIL (Hardware-in-the-Loop) シミュレーションは重要な地位を占めています。HILシミュレーションはすでに、新製品を開発するうえで重

要な要素になっています。HILテストベンチはネットワーク化されており、駆動系やシャシーだけでなく、ボディやインフォテインメントも含めたアプリケーションの統合や妥当性確認に使用されています。これらのテストベンチには、該当するアプリケーションのすべてのECUが接続されています

(図1)。ボディやインフォテインメントアプリケーションでは比較的単純なシミュレーションモデルで十分であるのに対し、駆動系やシャシーアプリケーションでは内燃エンジンやトランスミッションなどのより複雑なモデルが必要となるため、モデリングの作業負荷は大幅に高くなります。これらのモデルでは、センサ信号やバス信号などのすべてのシステム変数がシミュレートされており、これによりHILシミュレータを介したECUテストを行うことができます。

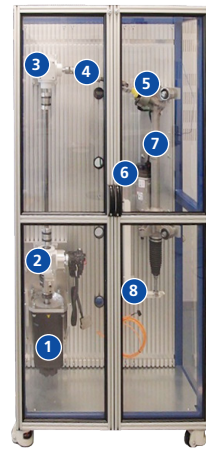
ただし、電動パワーステアリングシステムなど、ECUをアクチュエータから分離

できないシステムでは、この方法でシミュレーションを行うことはできません。このような場合は、メカトロニクスシステム全体を、ECUやモーター、ステアリングコラムを含むセットアップに統合します。ここでは、サーボモーターが運転者の役割となり、操舵トルクを生成します (図2)。シャ

「当社では、ピークルダイナミクス用ECUの妥当性確認に、dSPACEのASM Vehicle DynamicsをHIL上で使用しています」

Dr. Günter Hetzel, Porsche AG

シー ECU の機能は非常に複雑なため、HIL テストベンチで使用する車両モデルへの要求も高くなります。特に ECU ネットワークのピークルダイナミクス機能のテストや妥当性確認には、可能な限り正確に実際の車両動作をエミュレートできる検証済みのモデルが必要となります。駆動系やシャシーのテストベンチで使用するシミュレーションモデルは、トランスミッションモデルなどの Porsche 社独自のモデルと dSPACE の Automotive Simulation Model (ASM) との組み合わせで構成されています。ピークルダイナミクスのシミュレーションには、ASM Vehicle Dynamics が使用されます。



- 1 運転者の操舵トルク模擬用モーター
- 2 ステアリングアングルセンサ用アングルギア (テストリグ取付のみ)
- 3 アングルギア (テストリグ取付のみ)
- 4 ステアリングコラム
- 5 ステアリングボックス
- 6 ステアリングサポート用サーボモーター
- 7 ラックアンドピニオン
- 8 解析用計測デバイス

図 2: 電動パワーステアリングシステムのテスト用セットアップ

開発プロセスでのピークルダイナミクスのシミュレーション

シミュレーションモデルを使用すると、プロジェクトの初期段階でもピークルダイナミクスを客観的に評価することができます。これにより、すべての関連する基準について、効率的で総合的な妥当性確認を組織的かつ自動的に行うことができます。Porsche AG のヴァイザッハ研究開発センターでは、タスクごとに以下の異なるモデルクラスを使用してシャシーおよびピークルダイナミクスのテストを行っています。

- 基準モデル：シャシーおよび車両コンポーネントの高精度なシミュレーションが可能。計算時間は長い。
- ファンクションモデル：単純化されたパーツの表現を用いており、リアルタイムまたはそれ以上に高速なシミュレーションが可能。

- プロパティモデル：コンポーネントの要約された記述を含む。複雑さはファンクションモデルと同程度で、計算時間は非常に短い。
- コンポーネントモデル：テストベンチモデルのように、個々のコンポーネントを確認できる車両全体のモデルを含まない。

Porsche 社では、これらのモデルクラスに追加の作業を行うことなく、関連するタスクで等しく使用できるようにするため、シームレスなパラメータ設定と統一的な妥当性確認が可能なプロセスを導入しました (図 3)。このアプローチにより、個々の上位クラスからモデルを作成し、同じ運転操作に基づいて妥当性を確認すること

が可能。この場合、操舵や速度に関するプロファイルの指定など、開ループの運転操作のみが可能。そのため、実際のテストドライブとシミュレーションの両方で車両プロパティを客観的に取得できます。この際、車両の静的および動的な挙動も考慮されます。

HIL テストベンチの長所を融合

Porsche 社では、統一されたモデル作成プロセスの利点を活用しながら、成熟したテストオートメーションプロセスや堅牢な dSPACE ASM 環境も使用するために、ファンクションモデルのパラメータを変換する機能を作成しました。この機能を使用すると、HIL テストベンチ向けに、基準モデルとほとんど同等のピークルダイナミク

>>

タイプ	リアルタイム機能	パラメータ設定作業	コンポーネントモデル
基準モデル	なし	高	高精度のシミュレーション
ファンクションモデル	あり	基準モデルからの半自動パラメータ設定	単純化
プロパティモデル	あり	基準モデル、ファンクションモデルまたは計測値からの半自動パラメータ設定	単純化、コンポーネント記述の要約
コンポーネントモデル	モデル依存	モデル依存	モデル依存

表 1: ピークルダイナミクスモデルのクラス

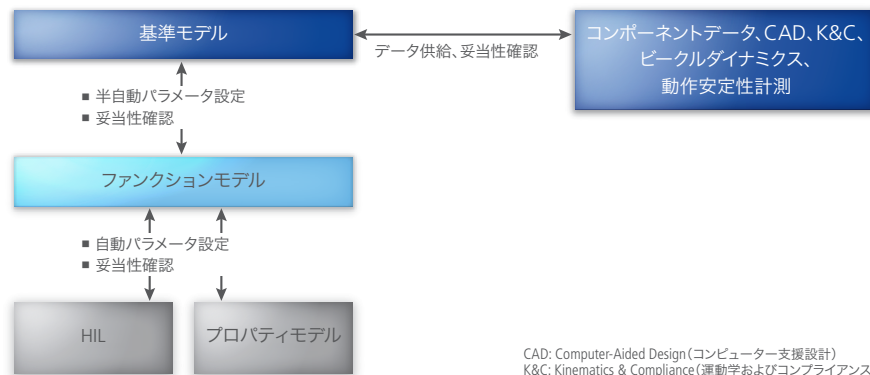


図3：シームレスなモデルのパラメータ設定

ス特性を持つ完全に自動化されたモデルデータセットを作成することができます。開発者は、効果的なビークルダイナミクスモデルを使用することで、ECUコードの機能的な側面を必要な精度で総合的にテストすることができます。

二重の成果

上記のプロセスにより、HIL テストベンチに必要な完全にパラメータ化されたシャシーモデルを、確立したモデル作成プロセスで使用できるようになりました。そのため、開発の早期の段階から、検証済みのシャシーモデルを使用して ECU の開発と

妥当性確認を行うことができます。また、ECU ネットワークで実行されたシミュレーションを SIL (Software-in-the-Loop) 環境の妥当性確認にも使用できます。SIL 環境では、同じ車両データセットを使用して ECU のソフトウェアモデルをテストすることができます。Porsche 社では、車両開発のすべての段階で使用できる強力かつ堅牢なツールチェーンを実現しました。

今後の展望

Porsche 社では、将来的にすべての車両プロジェクトで使用可能なシームレスなモデルレンジの設定を目指しています。今後

は、パラメータ作成と妥当性確認の自動化、および HIL/SIL シミュレーション結果の比較を実現する予定です。これにより、仮想検証の作業プロセスをさらに効率化することができます。■

Dr. Günter Hetzel, Florian Strecker,
Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG

Dr. Günter Hetzel

テストツールおよびメソッドエキスパート、
Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG (ドイツ、ヴァイザッハ)

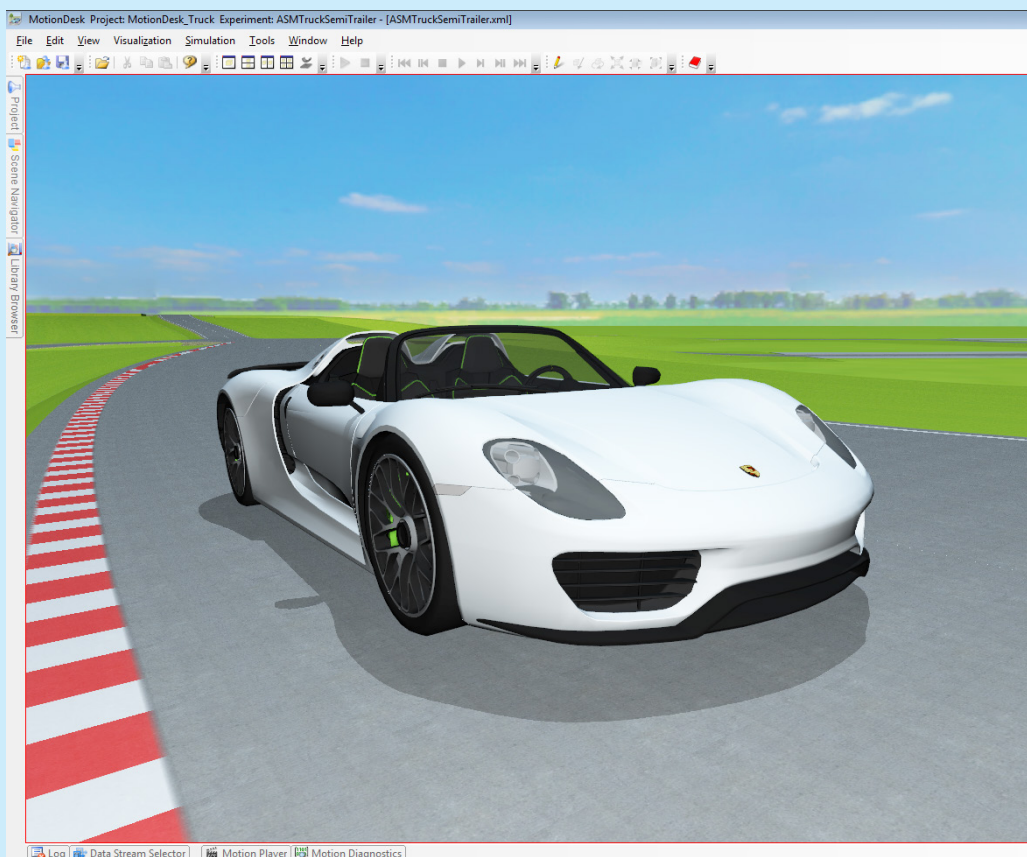


Florian Strecker 氏

ビークルダイナミクス計算およびシステム
ダイナミクスエキスパート、Dr. Ing. h.c. F.
Porsche AG (ドイツ、ヴァイザッハ)



百聞は一見に如かず：
アニメーションソフトウェア MotionDesk は、
運転操作のシミュレーションを
ビジュアル表示するのに最適なツールです。



ASM Vehicle Dynamics

ASM Vehicle Dynamics は、車両の動的な挙動をリアルタイムで現実的にシミュレートするためのシミュレーションモデルです。車両の物理的特性は、26 自由度を持ったマルチボディシステムによって表現されます。ASM Vehicle Dynamics には、弾性シャフトを備えた設定可能なドライブトレイン、ブレーキ回路およびモーターモデル、さまざまなホイールモデル、シャシーの非線形運動学的特性と弾性運動学的特性、空気力学の 3 次元記述、および複数の自由度を備えた複雑なステアリングモデルが含まれています。また、道路、運転操作、および開ループ/閉ループ型ドライバーから成る環境モデルも含ま

れています。すべてのパラメータ値は、シミュレーションを中断することなく変更できます。ASM モジュール型コンポーネン

トを追加で接続してバーチャルピークルを構成することにより、HIL 環境で ECU ネットワークをテストすることなどもできます。

