



# Flexible Test Track

六脚型 360°ドライビングシミュレータ  
を使用した再現可能な条件での新たな  
ドライビングコンセプトのテスト



Daimler AG では、シャシ、ビークルダイナミクスコントローラ、および先進運転支援システムのコンセプトを見極め、その妥当性を確認するため、道路上でのテストドライブに加えてドライビングシミュレータを利用しています。その最大の利点は、テストドライバーと実車をまさに操作の中心にしてテストを行えることです。

**複** 雑なビークルダイナミクスのテストに使用されている Daimler 社製の 360°ドライビングシミュレータは、ジンデルフィンゲンにある巨大な工場の作業場を占拠しています。このシミュレータは 6 本もの脚を備え、乗用車全体をすっぽりと包み込むことができます。ヘキサポッド（六脚型のプラットフォーム）には、旋回可能なドームが取り付けられています。電気機械式スピンドルアクチュエータで構成された 6 本の脚は、協調的な伸縮運動を行うことで、ドームをさまざまな位置に動かせるようになっています。このシミュレータは、レールとヘキサポッドの動きを組み合わせることにより、あらゆる運転状況を可能な限り現実的に再現することができます。モーションシステムダイナミクスは、基本的にビークルダイナミクスの調査要件に基づいて設計されており、車両の限界範囲の動きにまで対応することが可能です。

#### 現実的な運転状況

モーションシステムによって加速力をシミュレートする場合、車両の連続的な動きが画像生成システムを通じてビジュアル表示されます。これにより、ドライバーは現実的な運転状況を体験することができます。ここでは、複数のプロジェクトにより、ドーム内のドライバーに対し 360°の視界が作り出されています。ドーム内の車両は、サイドミラーの代わりにデジタルディスプレイを備えており、これにより仮想的なリアビューが表示されます。このシミュレータでは、画像、トラフィックシミュレーションソフトウェア、および複雑なサウンドシステムを組み合わせることで、運転状況や運転操作全体を総体的かつ現実的に再現することができます。

#### 中央制御システム

アクセルやブレーキペダルの操作、ステアリングなど、ドライバーのあらゆる運転操

作は、車両の動きを計算するコンピュータシステムにリアルタイムに転送され、関連するコマンドがドライビングシミュレータの電子機器へと送信されます。モーションシステムは計算した車両の動きをドームに送信し、ドームではバーチャルビークルが実際の道路で走行しているかのように動作します。そのため、制動時には前方への揺れが発生し、加速時にはドライバーの体の圧力がシート側にかかります。また、高速でのコーナリング時にはドライバーが遠心力を体感することができます。車両の室内は通常、推進装置やホイールサスペンションを取り外した量産車のものであり、操作は実車と同じです。ドライバーがステアリングホイールを操作すると、アクチュエータが車両モデルによって計算されたフィードバック荷重をステアリングホイールに設定します [1]。

#### 車両シミュレーションの要件

車両モデルはドライバー入力を受信し、車両の動きをリアルタイムにシミュレートします。ドライビングシミュレータには、シャシ、ビークルダイナミクスコントローラ、および運転支援システムのさまざまな要件を満たすための多様なシミュレーションプログラムが実装されており、柔軟性の高いインターフェースが搭載されています。そのため、異なるプログラムで動作する車両モデルを接続することも可能です [1]。ビークルダイナミクスのテストでは、車両の動作を極限まで再現することが重要であり、車両モデルではシャシを可能な限り正確かつ容易にシミュレートできなければなりません。そのため、シミュレータに適用される車両モデルの大半には構造部品や取り付け部品が使用されておらず、モデルはルックアップテーブルで記述されてい

>>

画像生成システムによってドーム内に現実的な視覚表示を作り出し、モーションシステムで制動時やコーナリングなどの際に発生する加速力を生成します。



ます。これにより、リアルタイムで挙動するモデルを提供しつつ、十分な精度を実現することができます。

### バーチャルピークルのセットアップ

Daimler AG では 2013 年以降、ドライビングシミュレータで使用されるリアルタイム対応モデルとして dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) ツールスイートを使用し、シャシの先行開発の段階で乗用車の操作特性を評価しています。ドライビングシミュレータを使用すると、シャシ設計における横方向のダイナミクスに関する走行動作を主観的に評価することができます。同社では、ドライビングシミュレータのオペレーティングシステムを継続的に開発し、ASM モデルの機能強化を図ったことにより、テスト範囲が拡大しました。これまでに、次のテストが可能になりました。

#### ■ 横方向のダイナミクスに関するサスペンションの調整

ASM モデルでは、シャシシステムのスプリング、スタビライザ、およびダンパの特性を指定することができます。こうした特

性を調整する場合、運動性能、ヨー運動、ステアリング操作などの主観的基準に基づいて、モデルパラメータを変化させます。これにより、開発試作車両がまだ入手できない早期の段階においても、操作特性を評価し最適化することができます。

#### ■ さまざまなシャシシステムを主観的に比較

同社では、サスペンションシステムおよびダンピングシステムがピークルダイナミクスや走行性能に与える影響に加え、運動、適合性、積載条件、およびタイヤの影響も調査しています。ドライビングシミュレータを使用すると、感度分析の実施により、自動操縦に対するブッシュ剛性の影響などを確認することができます。この分析は、サスペンションのコンセプトを開発する場合に有用なだけでなく、実車によるテストドライブにも活用できます。また、実車ではシャシパラメータの調整は多大な労力をかけないと変更できませんが、ASM モデルではルックアップテーブルや数値を変更または置換するだけで、それらを容易に変更することができます。さらに、

テスト担当者はさまざまなタイプのシャシの比較や評価をテストを中断せずに行えます。そのため、モデルパラメータを単に置き換えるだけでテストをより効率的に実行できます。

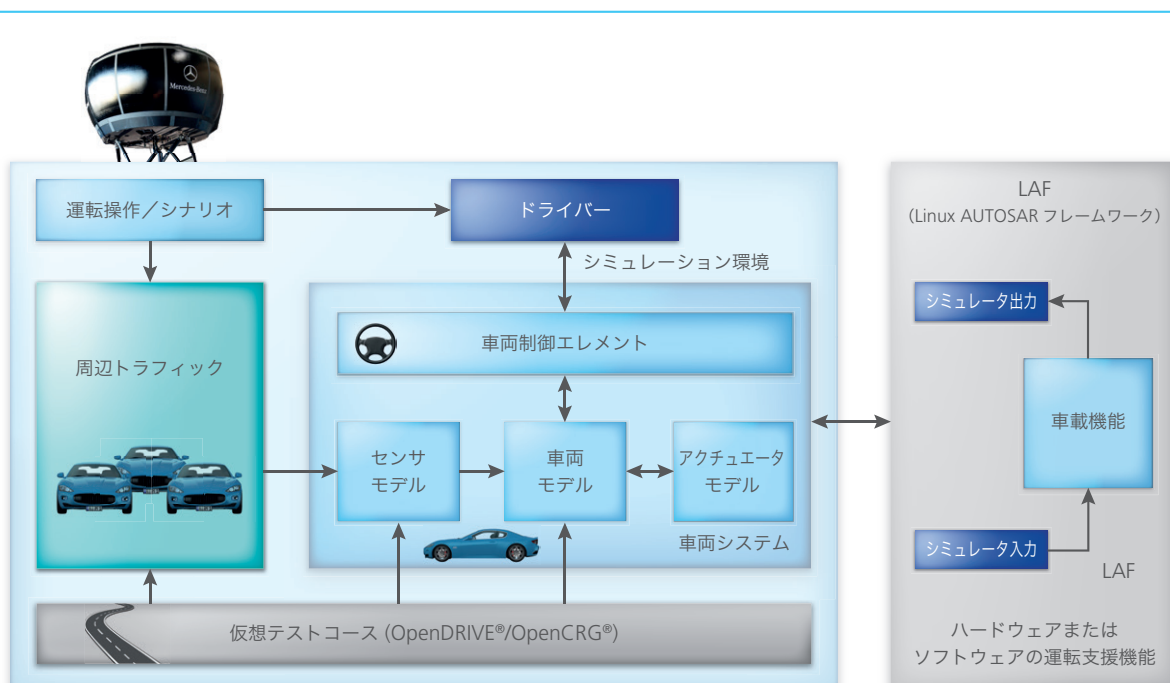
#### ■ 特定の運転操作時のドライバーの反応を記録

オフラインシミュレーションによるクローズドループでの運転操作では、ドライバーの挙動を正確にモデリングすることは困難です。ドライビングシミュレータには、テスト中にステアリングホイールの角度やアクセルおよびブレーキペダルの位置など、ドライバー入力を記録するオプションが用意されています。これにより、記録したデータを基にドライバーモデルを最適化することができます。

#### ■ 新しいシャシ機能の評価

ドライビングシミュレータを使用すると、運転時の快適性とピークルダイナミクスの向上を実現する革新的なシャシシステムに関する新しいアイデアやコンセプトを、コンポーネントの設計や試作車両のセット

ヘキサポッドを制御するためのシミュレーション環境の構成図。ピークルダイナミクスの実装には、ASM ツールスイートが使用されました。





ASM ツールスイートでシミュレートしたステップステアリング操作において、2つの異なるシャシタイプの車両の挙動を重ね合わせた表示。次のサイトで運転操作の動画をご覧ください： [www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_steer](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_steer)

## 「シャシ開発の前段階に、乗用車の操作特性を評価するためのリアルタイム対応モデルとして、ASM を使用しています。」

Hans-Peter Schöner 博士、Daimler AG

アップなしで、車両開発の早期の段階からテストおよび評価することができます。そのため、新しいアイデアやコンセプトに対するお客様や専門家の評価を早期に取り入れ、継続的に開発することができます。

### マルチステージのテストドライブ

ドライビングシミュレータでのテストドライブは3段階で行います。最初に、既存のマルチボディシミュレーション (MBS) モデリングをリアルタイム対応の ASM モデルに転送します。次に、このモデルを固定ベースのシミュレータ、すなわちモーションシステムなしでテストし、すべてのバリエーションがあらゆる操作において数値的に安定しているかを検証します。その後、テストを実行します。テストでは、テスト参加者が2つの異なるシャシバリエーションを使用して連続的に運転操作を行ってから、2つのバリエーションを比較します。評価ではすべてのバリエーションが文書化されます。最後に、すべてのテスト結果を評価してまとめます。最高の評価を得たシャシバリエーションは、MBS モデルで再度シミュレートして、客観的な評価を行います。主観的評価とその感度は、車両コンポーネントや機能を開発する際の基準として利用することができます。

### まとめ

ドライビングシミュレータを使用することにより、自動車メーカーはさまざまな開発段階で車両をテストおよび評価することが

でき、将来的なモデル開発にかかる時間を大幅に短縮することが可能です。また、ビークルダイナミクスに関しても、運転操作、運転の快適性、および制御システムの介入を迅速かつ安全に評価することができます。 ■

Ruochen Yang 氏、Hans-Peter Schöner 博士、Daimler AG



ドライビングシミュレータの動作については、下記をご覧ください：  
[www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_FSIM](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_FSIM)

### 参考文献：

[1] Dr.-Ing. Hans-Peter Schöner: "Erprobung und Absicherung im dynamischen Fahrsimulator", 学会論文: SimVec - Simulation und Erprobung in der Fahrzeugentwicklung: Berechnung, Prüfstands- und Straßenversuch, Baden-Baden, Vol.: 17. Kongress (VDI), 2014年11月  
[www.dspace.jp/go/dMag\\_20181\\_SimVec](http://www.dspace.jp/go/dMag_20181_SimVec)

### Hans-Peter Schöner 博士

運転シミュレーションおよびテスト手法担当シニアマネージャー、Daimler AG、ジンデルフィンゲン (ドイツ)



### Ruochen Yang 氏

車両モデルのセットアップおよびテスト実施責任者、Daimler AG、ジンデルフィンゲン (ドイツ)

