

# バーチャル・テスト・ドライビングでのテストと検証

Alexander Frings, Martin Herrmann, IPG Automotive GmbH

ECUに組み込まれる機能の数が増加し、考えるシナリオの数が無限になった結果、バーチャル・テスト・ドライビングにおけるテストと検証の重要性が高まっています。今回のインタビューでは、Alexander Frings (エンジニアリングサービス プロダクトマネジメント マネージャ)とMartin Herrmann (ADAS/ADビジネスディベロップメント マネージャ)が、シナリオ生成の新しい可能性が、可能な限り広いテストカバレッジにどのように貢献するかを語ってくれました。

「バーチャル検証」とは具体的にどのようなもので、なぜ重要なのでしょうか？

**Frings:** バーチャル検証は、可能な限り実際の部品やシステムを使用しないバーチャルな開発プロセスの最終段階です。その目的は、従来の開発プロセスと比較して、市場投入までの時間を短縮し、より良い製品と安全性を確保し、コストを削減することにあります。

さまざまな環境や状況下での車両シミュレーションにより、すべての機能が常に正しく動作することを保証するものです。シミュレーションされたものが実際の世界と一致していなければなりません。

現実の環境を仮想世界で再現するには、どのような選択肢があるのでしょうか？

**Frings:** エンジニアの最初の疑問は、どこを運転するテストにするか？であると思います。実際の道路をモデル化した仮想道路を使用するのがベストです。ね。Scenario Editorでの手作業を必要とせず、追加の計測も必要でない道路ネットワークモデルを作成したいというニーズが高まっています。そこでCarMaker 9では、Scenario EditorにHERE HD Live Mapのインポート機能を追加しました。これらの道路地図は精度が高く、オンラインで入手することができます。この新機能により、HERE社が提供するオンラインデータからROAD5形式の仮想道路網を構築する

ことができます。ただし、道路網はシナリオの静的な部分の一つの構成要素に過ぎません。シナリオには、他の車両や歩行者などの動的な道路利用者や物標の記述も含まれています。

バーチャル・テスト・ドライビングにおいて、シナリオはどのような役割を果たしているのでしょうか？

**Frings:** シナリオは欠かせられないものです。想定されるあらゆる状況で車両の安全性を担保したいと考えているので、膨大な数のシナリオをテストすることが非常に重要です。

もちろん、関連するすべてのシナリオをテスト



HD Live Maps Import

することは不可能で、全てを完璧にカバーできないことは承知しています。私たちが知らない、あるいは予想していなかったコーナーケースは常に存在します。状況を分析してバーチャル・テスト・ドライビングに追加すればするほど、より多くの重要なシナリオをテストすることができます。シナリオの数が多いと、開発された走行機能の精度を高めるのに役立ちます。バーチャル検証における不確実性を低減するためには、利用可能なすべてのテストシナリオのソースを活用する必要があります。いくつかの例としては、指定されたシステム要件から派生したテストケース、交通事故のデータベース、標準化・基準化されたテスト、またはフィールドテストの記録などがあります。

ScenarioRRR (Record, Replay, Rearrange) という方法は適用できますか？

**Frings:** はい。それは、実際のセンサ計測データからシナリオ生成をサポートする手法です。まず、シミュレーションでは、軌道を利用して「Replay」シナリオを作成します。

CarMakerのTestRunで交通流物標がモデル化されるとすぐに、記録されたシーンのバリエーションを可能にするために必要に応じて適応させることができます。

Open House2019では、道路と軌道の変換とパラメータのバリエーションが、高速道路のシナリオでどのように見えるかを発表しました。2020年のOpen Houseでは、この方法を説明するために自由に利用できる他のデータセットを探していました。その中で、fka GmbH社のデータセットを集めたLevelXdataに出会いました。このデータセ

ットの特徴は、ドローンが固定点を測定していることです。そのため、記録は非常に多くの物標をキャプチャすることができます。

現実のシナリオを仮想世界に移す方法は他にもあるのでしょうか？

**Herrmann:** この度、パートナーであるScale AI社と、高度に複雑なシナリオを現実世界からシミュレーションに移行するサービスに取り組み始めました。

Scale AI社は、自律走行車からのセンサデータのラベリングに特化しています。アノテーションは、通常、物標検出やセンサフュージョンのアルゴリズムの開発において、パーセプションチームがグランドトゥールズとして使用します。しかし、これらのアノテーションは、ScenarioRRR法を用いてCarMakerのシミュレーションシナリオを生成するための優れた基礎にもなります。

お客さまが実際に車両をテスト中にシステムにエラーが検出された場合、ドライバが介入することでデータの記録開始を有効にします。そして、それまでの数秒間のすべてのセンサデータが記録されます。一日の終わりには、生のセンサデータがScale AI社のプラットフォームにアップロードされ、そこにアノテーションが付けられます。動的物標、交通標識、道路標識などがラベル付けされ、分類されます。抽象化されたデータは、検出アルゴリズムを訓練するためのオブジェクトリストの形でお客さまのパーセプションチームに転送されます。また、ScenarioRRR法を用いてCarMakerのシナリオを抽出し、バリエーションに応じたデータを作成することは我々の分担であるため、これらのデータは当社に送られます。このシナリオは、企画開発

チームや機能開発チームがテストカタログに組み込むために利用できるようになります。

交通事故データベースのをおっしゃっていましたが、どこまでが適切なデータベースなのでしょうか？

**Frings:** 交通事故データベースは、実際に発生した事故の種類や深刻度を分類しているため、そこからシナリオを作成するのに適しています。様々なグループがCarMakerと事故データベースとの連携に興味を持っています。まず、事故の結果を研究している事故研究者グループです。

彼らにとって、事故の結果を忠実に再現することは非常に重要です。一方で速度プロットは正確でなければならないのに、他方では衝突位置や衝突角度が正確に一致していなければなりません。この場合、シミュレーションはもはや閉ループのビークル・ダイナミクスのシミュレーションではありません。外部入力を利用して自車両の位置を再現します。データベースに基づいて再シミュレーションを行うことも可能です。これは、二番目のグループの興味深いアプローチです。

機能研究開発の分野で、アクティブセーフティや事故回避に取り組むエンジニアです。彼らは、車両モデルを使ってIn-the-Loopのシミュレーションを行います。言うまでもなく、ここではセンサと運転機能の統合が重要な役割を果たします。このユースケースでは、交通事故データベースに載っている実際に運転された軌道ではなく、意図していた軌道を走行する必要があるかもしれません。言い換えれば、決められた位置に到達するまでデータベース通りのシナリオから逸脱させ、システム(車両、センサ、機能)がどのように反応するかを観察するという事です。

安全といえば・・・NCAPに関してニュースはありますか？

**Frings:** 主に公開されているテストに基づいて、当社はTest Ware Package NCAPの開発に継続的に取り組んでいます。最初はEuroNCAPテスト、その後にはChina NCAPのシナリオを追加しました。NCAPのロードマップに沿って作業を進め、すでに世界中で議論されているテストケースのテンプレートを提供してきました。2020年7月には、パッケージのアップデートをしました。Euro NCAP 2022、2025に向けたロード

## Process and Solutions



Process ScenarioRRR

## センサモデルのデータをどう利用するか CarMakerでセンサデータをフュージョンする



センサモデルデータの受け渡し方法

マップについては、すでに様々な開発部門が対応システムの開発に取り組んでいると認識しています。

CarMakerは、進行方向やトラック、二輪車、自転車、歩行者などの物標の種類に応じて、将来のNCAPテストに対応できるように、すでに十分な機能を備えています。また、新しい可視化ツール、MovieNXを使用することで、難しい光の条件での試験をリアルにシミュレーションすることができます。

### NCAPのテストケースを、正しい方法のまま開発プロセスに取り入れるにはどうすればよいのでしょうか？

**Frings:** 開発プロセスの初期段階で要求される車両の安全性を達成するためには、必要な部品やシステム、その位置を把握するためにシミュレーションを用いた検討が必要となります。そのためには、理想センサモデルが必要です。その上で、視野、センサレンジ、信号のノイズなどのパラメータが性能にどの程度影響を与えるかを調べるパラメータスタディを行います。

それには当社のHiFiセンサモデルが非常に役立ちます。SOPの少し前に、NCAPシナリオの仮想検証を行うことができます。これは、部品の選定をし、OEMとサプライヤ間での対応するモデルの交換を済ませ、精密なアクチュエータモデルと検証済みセンサモデルを含む車両全体のバーチャル化が完了した後に行われます。

### センサモデルの話が出ましたね。CarMakerで生成したセンサモデルのデータを開発過程で再利用して、その信号を機能やECUに転送するにはどうすればいいのでしょうか？

**Herrmann:** 私の考えでは、開発の進捗状況やプロジェクトパートナーの好みに応じて、3つのインターフェイスがあると思います。その一つは、BMWとミュンヘン工科大学によって開発され、現在ASAM e.V.によって標準化が進められているOpen Simulation Interface (OSI)です。その目的は、サプライヤから提供されるセンサモデルやAD機能の部品と、OEMから提供されるバーチャルプロトタイプの商品や機能を、標準的なインターフェイスを使ってシミュレーションツールと結びつけることです。

これにより、センサやソフトウェアの要素に関

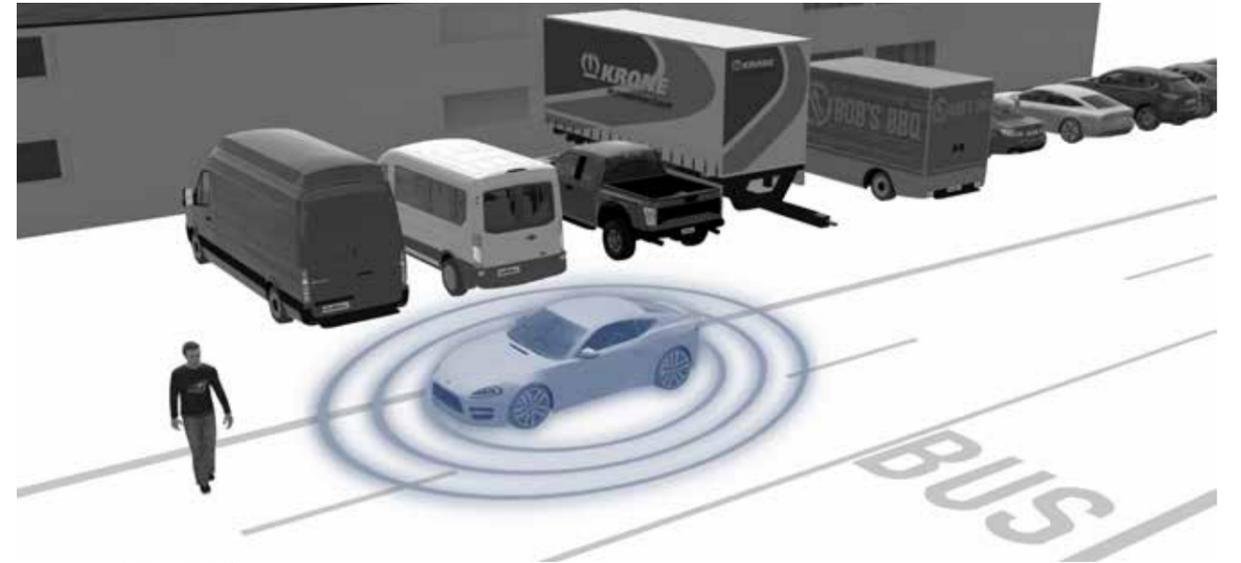
する知的財産や知識を保護しながら、モデルの交換を簡素化し、開発の初期段階での協力関係を改善することができます。

もう一つの選択肢は、実際のセンサのインターフェイスと通信プロトコルを再現することです。例えば、実際の車両では、ライダーセンサはUDPイーサネットを介してECUと通信することがよくあります。当社は、これらの実センサをCarMakerと置き換えるソリューションを提供しております。標準的なライダーセンサと同じUDPプロトコルを使用し、当社のシミュレーション環境からセンサモデルのデータを送信するのです。ECUは、実際のセンサが接続されているかCarMakerが接続されているか気づきません。

最後に3つ目の選択肢は、センサデータと走行機能のインターフェイスとしてROSを採用することです。多くのお客様が開発プラットフォームとしてROSを利用していま



CarMaker上でのシナリオの見え方



CarMakerを利用した緊急ブレーキのシミュレーション

すので、以前からCarMakerでのROSノードの作成例をお見せしています。この例は、カメラアプリケーション用のVideo Data Streamだけでなく、CarMaker内の任意のセンサやセンサクラスに適用することができます。

### 生成された環境モデルにより、計画機能での意思決定が可能となり、モーションコントロールが可能となります。車両のダイナミクスは運動制御にどのような影響を与えるのでしょうか？

**Herrmann:** 一般的に、計画のモジュールは、モーションコントロールのための目標軌道を提供します。しかし、この目標軌道が意味のあるものであり、安全に到達できるかどうかをどのようにして見極めることができるのでしょうか？

モーションコントロールでは、計算された目標軌道を可能な限り正確に実装することが重要です。また、ジャークのないモーションコントロールによって得られる快適性も、乗員にとっては重要な要素です。現実の世界では、荷重、気象条件、路面摩擦係数など、モーションコントロールに影響を与えるすべての要因をテストすることは不可能です。傾斜や勾配などの道路形状は言うまでもありません。性能試験場ではこれらの要因を自由に变化させることはできません。

自律走行では、特に運転手の介入が必要になったり、使用上の制約ができたりして、新しい車両コンセプトや、時には新しいビークル・ダイナミクスのオプションが追加

されることもあります。車両の挙動を正しく再現し、緊急時に迅速かつ適切な対応を可能にするためには、これらの点を考慮して軌道を計画し、調整する必要があります。CarMakerのようなシミュレーションのプラットフォームは、高精度なビークル・ダイナミクスのシミュレーションと必要なアクチュエータのインターフェイスを備えており、比較的少ない労力で効率的にテストを行うことができます。

### ビークル・ダイナミクスのポテンシャルを常に把握しておくことが肝心ということですね。

**Herrmann:** 確かにそうですね。そもそも有効な目標軌道の計画アルゴリズムを計算するためには、今現在物理的に可能なことを知る必要があります。現実の世界では、想像できるすべての境界条件の下でテストを行う必要があるため、現在では潜在的なモーションの挙動を特徴付けることは事実上不可能となっています。

しかし、シミュレーションでは、境界条件を変化させて挙動を学習することで、単純なマニュアルでの車両の挙動を正確に解析することが比較的容易にできます。物理的に現実的な境界条件と達成可能な計画軌道を計画モジュールに示すためには、特性評価を完了させる必要があります。そうすることで、利用可能な選択肢の中から、効率性、快適性、そして特に安全性を考慮して最適な軌道を選択することができます。安全だと思えることは乗員にとっても非常に重要です。

### CarMakerは、高精度なビークル・ダイナミクスのシミュレーションを実現するために必要な全てのベースを提供しているということですね。

**Herrmann:** その通りです。適切なモデリング精度のタイヤ、ステアリング、シャーシ、ブレーキ、パワートレインのモデルがベースとなりますが、もちろんパラメータ化する必要があります。

測定データや設計パラメータに基づくバーチャルプロトタイプのパラメータ化を扱うプロジェクト経験が多いIPG Automotiveのエンジニアがサポートを致します。

また、モーションコントロールやアクチュエータなどのアクティブコンポーネントを直接検証するために、物理的なプロトタイプを使用した測定ドライブに基づいたモデル検証のお手伝いもできます。Vehicle-In-the-Loopは、検証の目的でも適用できます。

### 大変興味深い話でした。ありがとうございました。