



SIEMENS

Ingenuity for life

シーメンスPLMソフトウェア

先進運転支援システムの 開発

シミュレーションベースのテストおよび検証フレームワークがもたらす安全性、快適性、燃費の調和

このホワイトペーパーでは、ビークルダイナミクスおよび環境モデリングツールの連成シミュレーションを基盤とする、先進運転支援システム(ADAS)開発のための仮想検証およびテストフレームワークについてSimcenter™ Engineeringエキスパートが説明します。Simcenter Amesim™およびSimcenter Prescan™を使用したADAS先行開発の制御設計と検証のためのシミュレーションベースのアプローチにフォーカスします。アプローチの事例としてアダプティブクルーズコントロール、グリーンウェーブテクノロジー、自動駐車3つを紹介します。

目次

エグゼクティブサマリー	3
テクノロジー	6
ビークルダイナミクス	6
環境	6
経路計画	7
トラッキングコントロール	7
連成シミュレーション構造	8
グラウンドトゥルースデザイン	8
連成シミュレーションセットアップ	8
ユースケース	9
アダプティブクルーズコントロール	9
グラウンドトゥルーステスト	9
アダプティブクルーズコントロール	9
Simcenter AmesimとSimcenter Prescan の連成シミュレーションテスト	10
グリーンウェーブテクノロジー	11
自動駐車	11
まとめ	12
参考文献	13

エグゼクティブサマリー

近年、自動車業界では、ADAS、自動運転(AV)技術に対する安全性、快適性、環境配慮への要求が急速に拡大しており、システムレベルは、衝突被害軽減ブレーキ(AEB)やトラクションコントロールなどの車中心の支援システムを超えるものです。Simcenter Engineeringサービスは、高度なシステムのためのモデル予測制御(MPC)アルゴリズムを開発しており、機械、電気工学、制御、通信、コンピューター科学などの分野で共同研究および開発活動を行っています。

このホワイトペーパーでは、開発初期段階での連成シミュレーション技術とフレームワーク、MPCベースのADAS/AV制御システムのテスト、検証および妥当性確認について説明します。またシミュレーションには、ビークルダイナミクス、交通環境、vehicle-to-vehicle (V2V)、vehicle-to-everything (V2X)、センサーモデル、経路計画/制御アルゴリズムが使用されています。アダプティブクルーズコントロール、グリーンウェーブテクノロジー、自動駐車などの3つのADASアプリケーションを紹介します。

自動運転業界では、シミュレーションベースのテストが、ADAS/AV機能を検証する効率的な方法であることが認識されています。交通環境には、多種多様な道路、車両、歩行者、自転車、障害物が存在し、天候条件も変化します。シナリオはそれらのパラメーターが複数組み合わせられ構成されます。パラメーターの増加により、シナリオの数は飛躍的に増え、何百万という数に膨れ上がります。通常、実車試験を用いて信頼性の高い検証を行うには、数億から数十億キロの車両走行が必要であり、膨大な時間と費用がかかります[Kalra and Paddock (2016)]¹。さらに現実世界ではすべてのシナリオを再現することは難しいため、実車試験は、特定条件に対する機械、電気、ソフトウェアの構成に有効であることを指摘しておきます。新しい構成の採用やソフトウェアアップデート時は、再度試験を行う必要があります。このため、ADASのパフォーマンスの大部分は、大量のシミュレーションを使って検証され、model-in-the-loop (MiL)やsoftware-in-the-loop (SiL)の検証プロセスが開発の大きな役割を果たすべきです。

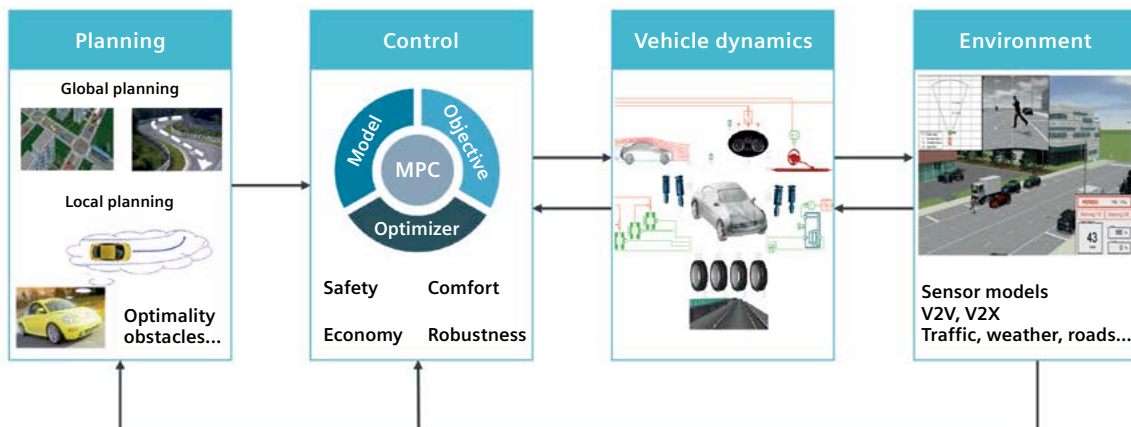


図1: ADAS/AVの連成シミュレーション構造

このホワイトペーパーでは、連成シミュレーションフレームワークを使用した、ADAS/AVシステムの経路計画/制御コンポーネントの開発について説明します。経路計画アルゴリズムによって、車両が走行するための軌道が決定され、コントローラーは車両がその軌道に乗るように操作します。これらのアルゴリズムの開発と検証は容易ではありません。理由は以下の4つです。

- 非ホロノミックや加速、操舵などのビークルダイナミクスの制約を考慮に入れながら、さまざまな交通シナリオで安全性を保证する必要があります。
- 自動車は、人間が運転するときと同じように、安全で合法であるだけでなく、円滑かつ快適に運転する必要があります。これは、特に都市部や高速道路での高速走行では難易度が高くなります。
- 自動運転技術の推進力の1つとして、顧客は、自動運転車が従来の自動車より環境にやさしく、燃費が良いことを期待します。また政府の燃費や汚染に関する規制強化も制御の仕様に影響します。
- 車両と環境の両側面にはさまざまな不確定要素があるため、経路計画/制御アルゴリズムのロバスト性を考慮する必要があります。物理システムのモデルには常に不正確性が存在します(不完全な測定、プロダクションエラー、劣化の問題を理由として)。それは、物理現象は非常に複雑であり、すべてを考慮することはできないからです。環境側では、センサー検知、マッピング、ローカライゼーションアルゴリズムは、測定ノイズや不確定な環境条件により、本質的に非決定的です。

これらすべての点を考慮すると、物理的、環境的要素が含まれる、シミュレーションベースのフレームワークで経路計画および制御開発を行うことが望ましいのは明らかです。

前述の通り、ADAS/AVシステム開発では、複数の要素を考慮する必要があります。機能開発の早期段階でこれらの要素を考慮し、設計開発を開始できる連成シミュレーションフレームワークは非常に重要です。このフレームワークは、業界や学会の協力者と共有する知識の活用とそれぞれの知的財産権を保護するために十分な柔軟性を持っている必要があります。またあるひとつのコンポーネントに従事する研究者やエンジニアは、通常、他のコンポーネントについては、前提条件が満たされることを想定します。例えば、ある制約を満たす参照軌道の設計に、前

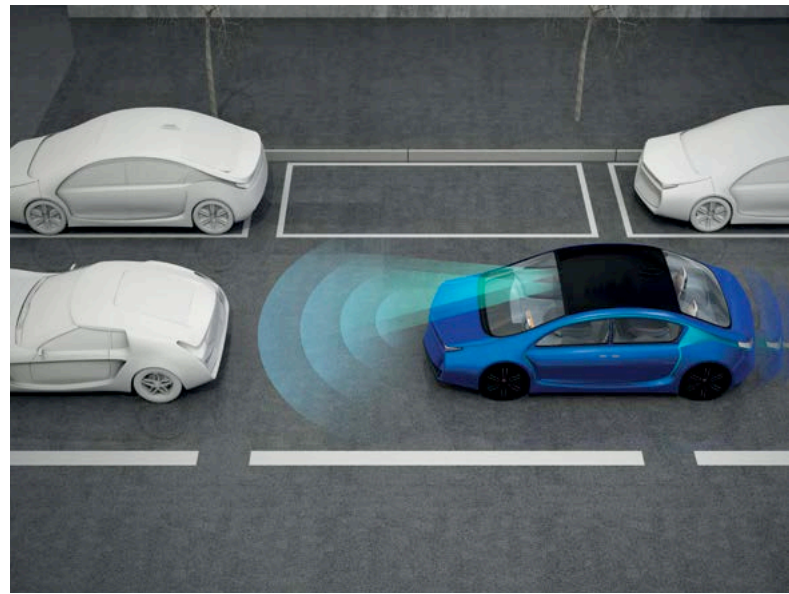


図2: 自動ブレーキシステム

提条件として正確なセンシング、単純な車両モデルや正確に追跡できるトラッキングコントローラーを想定します。しかし実際にはビークルダイナミクスとセンサー仕様が大きく影響をする可能性があります。忠実性の高いシヤシーやセンサーモデルを提供する連成シミュレーションのツールセットは、決定的かつ構造化された設計開発を検証し、改善します。

ADAS/AVテストフレームワークは、シーメンスの検証および妥当性確認のフレームワークの一部であり、レベル4および5の自動運転開発に対応します。さらに集積回路、システムレベルからフルビークルまでの設計および性能検証ソリューションを提供します。このフレームワークでは、Simcenter AmesimとSimcenter Prescanの2つのソフトウェア製品の連成シミュレーションを使用します。Simcenter Amesimは、複数のインテリジェントシステムの性能、特にビークルダイナミクス性能を高精度に予測する統合シミュレーションプラットフォームです。作成したプラントモデリングと制御モデルを接続した状態でシミュレーションでき、制御設計の検証に役立ちます。Simcenter Prescanは、フィジックスベースのシミュレーションプラットフォームで、複雑な交通シナリオや、レーダー、LIDAR、超音波、カメラなどのADAS/AVセンサーのシミュレーションに使用できます。Simcenter Prescan

は、V2Vやvehicle-to-infrastructure (V2I)アプリケーションの設計や評価にも使用できます。ビークルダイナミクス、交通環境それぞれに特化した2つのシミュレーションフレームワークを組み合わせることで、さらに強化された自動運転機能の仮想検証および妥当性確認の環境を構築できます。

連成シミュレーション構造を、図1に示します。システムモデリングや解析のためのオープンで高機能、ユーザーフレンドリーなプラットフォームで、高水準な抽象言語(Matlab®環境、Pythonなど)によるプログラミング可能なスクリプティング機能を持つことが特長です。このため、経路計画/制御アルゴリズムを簡単に統合できます。この作業におけるADAS開発のフレームワークは、主に3つの段階に分割されます。第1段階では、ADASの計測データおよびSimcenter Amesimビークルダイナミクスのモデルを使用してアルゴリズムの開発をします。実験計画(DOE)、車両モデル(シャシー、パワートレイン、ブレーキモデルなど)の最適化作業もこの段階で行います。第2段階では、設計したアルゴリズムを、Simcenter Prescanの交通/センサーシミュレーションモデルを使用して検証します。シナリオおよび要件は、主に業界の規格、現実的なケースあるいはコーナーケースに従って決定されます。ADASアプリケーションごとに調査の上、適用する連成シミュレーション構造、変数(車両、センサー、環境およびコントローラーモデルの変数)を決定します。第3段階では、システム要件を基に結果を評価します。例えば、安全性、快適性、自然な挙動、エコロジーなどの要件です。

ユーザーは、連成シミュレーション環境を使ってすべてのモデルの側面、センサー精度を検証し、改善できます。現実のプロトタイプテストと比較した場合、シミュレーションを使用する主なメリットは、反復性が高い、コストが低い、モデルパラメーターを簡単に変更できることです。

マルチフィジックスモデリングソフトウェアであるSimcenter Amesimは、モデルベースシステムズエンジニアリング(MBSE)開発のために、業界および学会で広く利用されています。例えば、Wissel et al.(2016)²では、パワートレインシステムの開発にMPCとSimcenter Amesimが使用されています。また、Vanhuysse et al.(2016)³では、Simcenter Amesimを使用してハイブリッド車の非線形MPCが設計されています。これら発表の中では、Simcenter AmesimをADASアプリケーションに使用するメリットは考察されていませんが、Simcenter Prescanのような環境/センサーのモデリングソフトウェアとの連携事例が示されています。

このホワイトペーパーは、以下のセクションで構成されています。第1セクションでは、連成シミュレーションに使用される主なテクノロジーについて説明します。ここでは、連成シミュレーションのフレームワーク(Simcenter Amesim、Simcenter Prescan、経路計画/制御設計、連成シミュレーション環境)に使用するソフトウェアおよびアルゴリズムについて述べます。第2セクションでは、アダプティブクルーズコントロール(ACC)、グリーンウェーブテクノロジー、自動駐車事例を説明します。最後の第3セクションは結論です。

テクノロジー

このセクションでは、連成シミュレーションに使用される主なテクノロジーについて説明します。

1.1 ビークルダイナミクス

Simcenter Amesimは、流体、熱、機械、電気機械およびパワートレインなどの物理モデルライブラリーを提供するマルチフィジックスシミュレーションプラットフォームです。ここでは、ADAS/AVの経路計画/制御アルゴリズムをテストする目的で車両やその動的解析をシミュレーションするために使用します。さまざまな物理分野に使用できるため、自動車業界に実用的な統合ソリューションを提供します。充実したライブラリーがモデリング作業を大幅に高速化します。例えば、ヘッドライトの角度コントローラーを設計する際、エンジンの動的解析は重要ではありません。この場合、単純な既存のエンジンブロックを使用できます。このようなアプローチを取ることにより、重要なでないコンポーネントのモデリングに無駄な時間をかけないため、作業時間を削減することができます。ブロック

を接続することにより、システムレベルのシミュレーションのための複雑で現実的なモデルを簡単に構築できます。反対に、1つのコンポーネントに対し詳細なシミュレーションを行うこともできます。図3は、車両シャシーモデルの例です。パワートレイン、ブレーキ、サスペンション、ステアリングを含みます。

1.2 環境

Simcenter Prescanは、自動車業界でADASおよび自動運転システムの開発に使用されています。直感的なグラフィカルユーザーインターフェース(GUI)を通して多くの環境モデリング機能が提供され、ユーザーは道路、インフラストラクチャー(建物、信号等)、アクター(自動車、トラック、自転車、歩行者)、天候条件(雨、雪、霧)、光源(太陽、ヘッドライト、街灯)などを含んだ交通シナリオを作成および編集できます。作成した仮想環境では、レーダー、LIDAR、カメラ、超音波、GPS、アンテナなどのセンサーを車両に搭載することができます。ADASシステムは、外界を認識し、

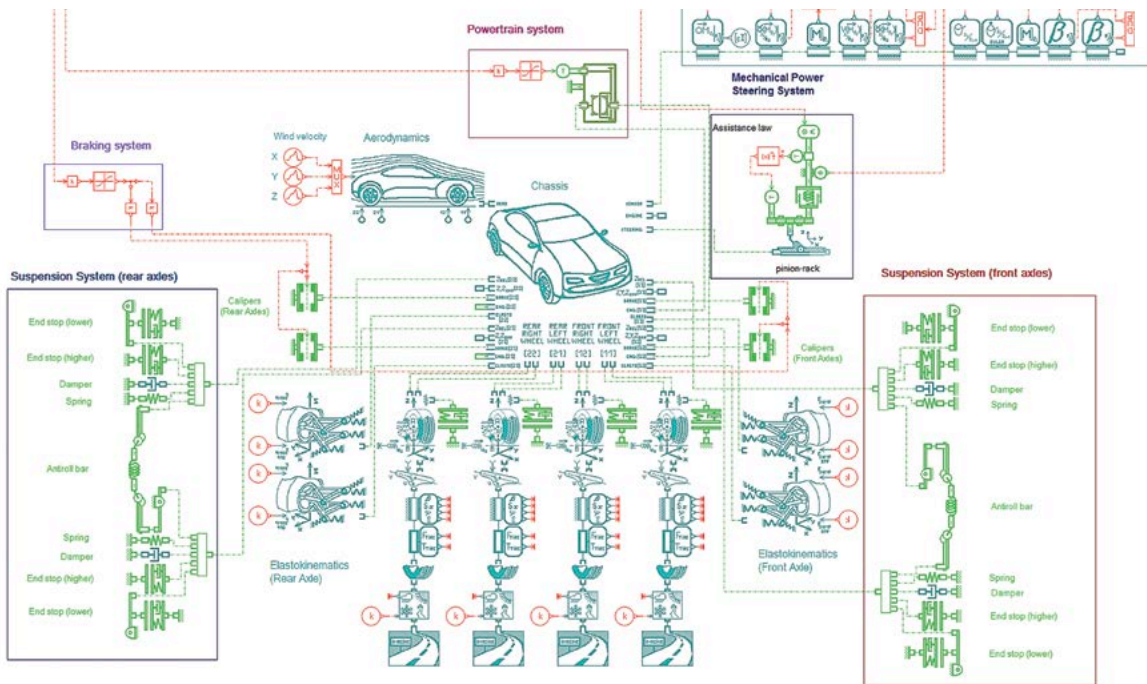


図3: Simcenter Amesim車両シャシーのビークルダイナミクスシミュレーション

それに合わせて動作することでドライバーの負荷を低減するように設計されています。このようなシステムの鍵となるのは、環境やセンサーをどれだけ現実に近い状態でシミュレーションできるかという点です。Simcenter Prescanには、高度なビジュアライゼーション機能が搭載されています。高度なビジュアライゼーション機能がもたらすメリットは2つあります。まず、エンジニアがADASシステムの新機能を開発する際に役立ちます。次に、高度なビジュアライゼーション機能は、作業の進捗を管理者や顧客に伝達する際に有用です。

1.3 経路計画

経路計画の設計は、ADASアプリケーションによって異なります。例えばACCでは、プランナーは、前方を走行している車両との安全な車間距離を維持するために、基準速度と操縦プロファイルを生成します。この機能は、高速道路で使用されることが多く、計算も高速で行う必要があります。また車両固有の動作が、結果として生成される軌道に大きく影響するため、ビークルダイナミクス解析を含めシミュレーションする必要があります。グリーンウェーブテクノロジーは、通常は直線の道路または車線で、V2X通信により信号機から基準速度を受信します。経路計画アルゴリズムは、主にインフラストラクチャー側に実装されているため、車両側での重要性は高くありません。自動駐車では、車両の走行速度が低いいため、経路計画の計算時間の重要性は、高速道路に比べ低くなります。ただし、駐車場ではスペースが限られていることが多く、また多くの種類の障害物(他車両、歩行者、他対象物)がさまざまな方向から進入してきます。ギアや方向を切り替える(前方/後方)必要がある場合にタスクの難易度が上がることがあります。プランナーは、これらの検討事項すべてを設計に組み込む必要があります。一般的に、経路計画は次の2つの段階があります。

- グローバル計画: おおまかな経路(または通過点)を計画します。これは、グローバルプランナーによって、例えば最短距離のルートを基に、開始点から目的の駐車位置までのおおまかな経路を作成します。
- ローカル計画: グローバルプランナーから基準となる経路(または通過点)を渡された車両は、タイミングプロファイルを含む詳細な軌道を生成します。ただし、以下の要件が影響するため、車両がここで生成された軌道を正確にたどることは必須ではありません。

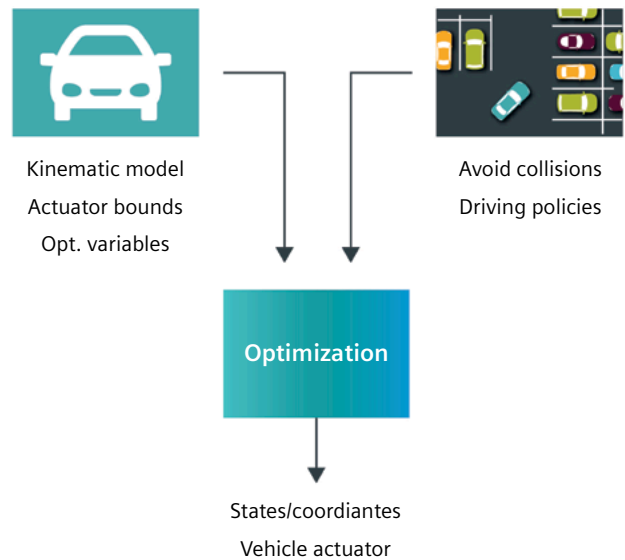


図4: ローカル計画構造

1. 車両の制約: 非ホロノミック系制約。操舵、速度、および加速に関する制約など。
2. 障害物の回避: 事前に計算された軌道を走行中に想定外の障害物(歩行者、車両など)に遭遇。
3. 燃料消費など特定の基準を満たすための最適化。

図4は、自動駐車アプリケーションで使用されるローカル計画構造です。ここでは別レイヤーに構成される他のADASシステムによる影響、例えば車線変更、追い越しは考慮していません。

1.4 トラッキングコントロール

コントローラーは、計算された軌道に従って車両を制御するよう設計されています。コントローラーは、不確定要素の対応に極めて重要です。不確定要素とは、プラントモデルとの不一致、障害物などです。PID制御は、比較ベースラインとして使用され、PIDコントローラーは、簡単に実装でき、その特性がよく知られています。PIDは、数学的にシンプルでブラックボックスタイプ(モデリングが不要)の制御であるため、産業用アプリケーションで広く使用されている実用的なツールです。

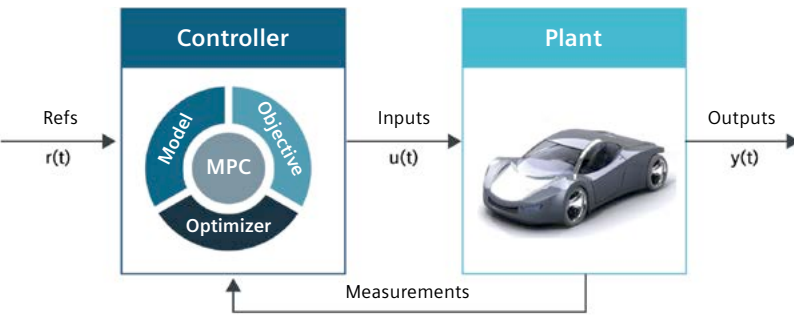


図5: モデルの予測制御構造

制御設計には、モデル予測制御(MPC)を使用します。MPCは、幅広い操作条件で最適制御を行えます。MPC設計では、モデルベースの最適化問題を解くことを行います。利点としては主に、PID制御に比較してMIMOシステムと車両システム制約を効率的に処理できることです。MPCは、アルゴリズム、実装、チューニングの効率がとても高く、MPCベースバーチャルセンサーには大きな可能性があるため、自動車業界で積極的に研究されています。

1.5 連成シミュレーション構造

このサブセクションでは、前述の技術を連成シミュレーションに統合します。

1.5.1 グラウンドトゥールースデザイン

第1のチューニングステップは、Simcenter Amesimのグラウンドトゥールースシミュレーション環境で実行されます。コントローラーを最適な性能に調整できるようにするには、客観的な性能評価が必要で、それは選択するチューニングプロセスに左右されます。この段階ではまだ、センサーと環境が与える影響を考慮する必要はありません。Simcenter Amesimのソルバーが車両モデルを計算します。またSimcenter Amesimに関するすべての機能やモデル変数は簡単にアクセス可能です。主な目的は、理想的な条件でコントローラーが高パフォーマンスを達成できるよう、コントローラーダイナミクスを正しく設定することです。コントローラーは、Simcenter Amesimあるいは他の環境(Matlab®環境、Pythonなど)を使用し開発します。

1.5.2 連成シミュレーションセットアップ

次に、Simcenter Prescanを統合して、環境やセンサーをシミュレーションします。これにより、グラウンドトゥールースの想定から離れて、よりADAS/自動運転に関連のあるシナリオを使用して経路計画や制御のテスト、検証を行うことができます。チームで共同作業をする場合、多様な構成、連成が可能になることで複雑になり混乱が生じることがあります。ワークフローを効率化するには、プロジェクトを開始する前に、各モデルを接続するインターフェースが、モデル間でどの変数をどのように交換するかを確認しておくことが大切です。

例として、ACCユースケースの変数交換フローを説明します。環境はSimcenter Prescanでシミュレーションされ、環境を感知するセンサーが自車に搭載されています。これらのセンサーからの出力信号は、Simcenter PrescanからSimulink®のACCコントローラーへ送信されます。現在の加速度とヨーレートは、Simcenter Amesim車両モデルからコントローラーへ送信されます。コントローラーはスロットルとブレーキ信号を計算、出力し、Simcenter Amesim車両モデルに入力します。Simcenter Prescanのパスフォロワーも、事前に定義された経路を維持し、走行するように操舵信号を計算します。パスフォロワーも車両モデルからヨー角を取得する必要があります。計算された操舵信号は、SimulinkからSimcenter Amesimモデルに入力されます。上記以外に、4つのタイヤそれぞれの道路摩擦係(車両の位置や地盤材料に基づいた)が、SimulinkからSimcenter Amesim車両モデルに送信されます。これらの入力(タイヤ摩擦、操舵角度やスロットル/ブレーキ信号)を基に、Simcenter Amesimソルバーを使用して車両の状態(位置および速度)を計算します。その後、新しい車両の状態をSimcenter Prescanに送信し、これに従って、センシング環境が更新されます。このサイクルが繰り返されます。

ユースケース

ACC、グリーンウェーブテクノロジー、自動駐車などの3つのユースケースは、通常、それぞれ高速、中速、低速度域で使用するシステムです。それぞれ異なるインターフェース設定、経路計画/制御設計を行い連成シミュレーションをします。V2VおよびV2Xテクノロジーも含まれます。提案するフレームワークを理解いただくために、まずACCシステムの開発について詳細に説明します。その後、他の2つのユースケースについて説明します。

2.1 アダプティブクルーズコントロール

ACCの開発にはKey Performance Indicator(KPI)を使用します。KPIは、システムのパフォーマンスを示す数値または数値セットで、複数のACCシステムのパフォーマンスを効率的かつ実用的な方法で比較するために使用されます。KPIは、通常、業界標準によって規定されたベンチマークを基に計算されます。シーメンスの研究では、ACCコントローラーのパフォーマンスを示す上で以下の4つの特性を考慮します。

- **安全性:** ACCコントローラーによって危険な状況をどれだけ回避または処理されるかを示します。衝突は絶対に回避する必要があります。衝突の確率が高い状況をコントローラーがどのように回避するかを示す定量化可能なパラメーターは、Time-To-Collision (TTC)です。
- **快適性:** コントローラーがどれだけ乗り心地の良い運転を実現しているのかを示します。望ましい快適性レベルを達成するために、国際標準化機構(ISO)によって、許容される加速/減速レベルの制限が規定されています。このKPI値は、コントローラーの快適性パフォーマンスを示します。
- **自然な挙動:** 交通状況の中でどれだけ人間的に動作しているのかを示します。例えばコントローラーが維持する車間距離が該当します。ACCが、平均的な人間が取るであろう行動と異なる動作をすると、乗員は不安になり、ドライバーは絶えず自動運転機能を停止しようとしています。ドライバーは、ヘッドタイムと呼ばれる、速度によって異なる車間距離を自然に保ちます。

- **エコロジー:** コントローラーがどれだけ燃費や汚染に影響を与えるかを示します。これはトルク要求に関係します。トルク要求が高いと、エンジン排気量が増加します。ディーゼルエンジンでは粒子状物質の排出量が増加し、ガソリンエンジンでは炭化水素と窒素酸化物(NOx)の排出量が増加します。

グラウンドトゥールーステストング

上記の方法を使用して、安全性、快適性、自然な挙動、エコロジーの4つのKPIを計算します。まずコントローラーを試験するシナリオを作成します。シナリオは、グラウンドトゥールース環境でシミュレーションされます。グラウンドトゥールース環境は、無限の解像度、無限のサンプルレート、ノイズがゼロの完璧なセンサーの状況を想定します。このグラウンドトゥールース環境は、Simcenter AmesimとSimulinkによる連成シミュレーションを使用して構築できます。車両モデルはSimcenter Amesimで実行され、コントローラーモデルはSimulinkで実行されます。シミュレーション中に相対速度、車間距離、速度と加速度などの信号をSimcenter Amesimモデルから出力し、コントローラーに入力します。決定を下すには、安全性、快適性、自然な挙動、燃費などの複数の運転特性に関する重要な内容を考慮する必要があります。相対的な重要性に基づいて、コントローラーごとに4つのKPIに重み付けします。コントローラーは次の2つの手順でチューニングします。コントローラーを最適なパフォーマンスにチューニングするには、どのパラメーターを使用する必要があるかを特定します。例えば、これはPIDコントローラーでは単純で、設定可能なパラメーターはP、IおよびDゲインです。MPCコントローラーでは、目的関数で使用される重み付けセットによって規定されます。次に、最適なパラメーター設定を特定します。これは、異なるパラメーターセットを使用して、確率的、または網羅的にテストすることで特定できます。特定に使用する実験計画ツールがあります。

Simcenter AmesimとSimcenter Prescanの連成シミュレーションテスト

グラウンドトゥールース環境で開発されたコントローラーは、実際のセンサー信号を処理するために使用できないことは明らかです。それは、複数の対象物に対し識別の必要がなく、自車の前方にある1台の車両の真値情報のみコントローラーに入力されていたからです。一方、実際のセンサーは同時に複数の対象物を検知し、コントローラーは、まず、自車と同じ車線の前方に、どの対象物があるのかを判断する必要があります。実用的なコントローラーを構築するには、グラウンドトゥールースコントローラーの適用条件を複数対象物が存在する環境で検証する追加モジュールを使用し、拡張する必要があります。そうすることでコントローラーは、現実的なセンサー出力を処理できるようになります。Simcenter Prescanのセンサーと環境のモデリングを説明します。

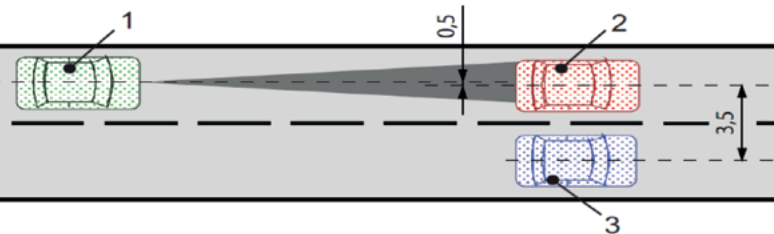


図6: 識別機能テスト[ISO15622]

ACCコントローラーの検証のため、Simcenter Prescanで3つのシナリオを構築しました。これらのシナリオはISO標準のテスト規定に従い作成されています。第1のシナリオでは、開発されたACCシステムの識別機能をテストします。第2のシナリオでは、再ターゲット機能をテストします。再ターゲットは、センサー出力の変化からコントローラーが、どの車両が前方を走行しているのかを自動的に判断することです。例えば、追い越したり、追い越されたりする場面です。第3のシナリオでは、カーブでのコントローラーの機能をテストします。このテストは、視界1,000メートル、気温-20°C~40°Cの晴天、乾いたアスファルト上の走行を想定します。

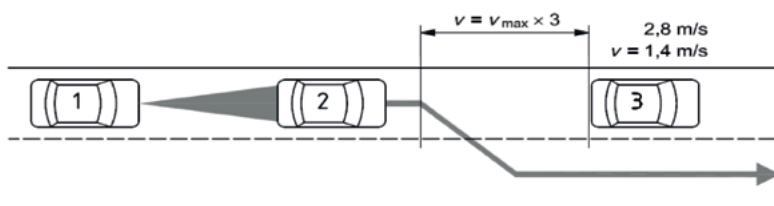


図7: 再ターゲットテスト[ISO22178]

- 識別機能: このテストでは、自車からみた2つの近接する車両を区別して、どちらが自車と同じ車線にいるのかを判断するACCコントローラーの機能を評価します。このテストは、ISO 15622による規定に従って直線道路で実施します。車両1 (自車)と車両2が同じ車線を走行しています。自車は、最大許容の時間差、定常車間モードで車両2を追従します。次に、車両2が加速しますが、別の車線の車両3は同じ速度のままです。ACCコントローラーは状況を解釈し、自車の縦方向動作を制御します。テストは、自車が適切に加速して、車両3を追い越し、車両2に追従すれば成功です。

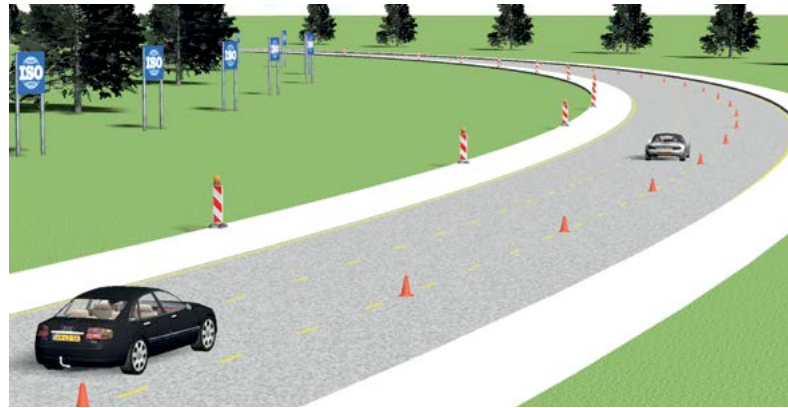


図8: ACCユースケース: カーブ時の対象物選択[ISO 15622]

- 再ターゲット機能: このテストでは、ACCコントローラーが、前方を走行する車両による車線変更に適切に反応して別の車両を再ターゲットにする機能を評価します。ISO 22178の規定に従って、このテストは直線道路で実施します。自車は、ACCコントローラーによって制御され、先行の車両を追従し、定常状態になります。先行車は、その前の車両の速度が非常に遅いため、右側

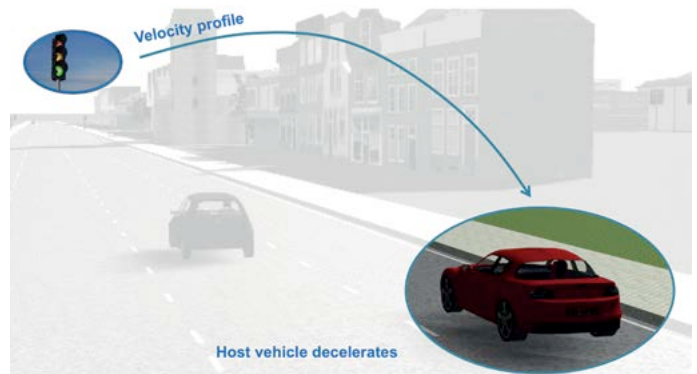


図9: グリーンウェーブテクノロジー

へ車線変更します。テストは、自車が減速して、速度の遅い車両に追従し始めれば成功です。

- **カーブ機能:** このテストでは、ACCコントローラーが、カーブ中に定常的に縦方向制御を維持する機能を評価します。ISO 15622標準に規定されている通り、このケースでは、カーブの半径に125 mを選択する必要があります。先行車と自車は、同じ車線を定常状態で走行します。10秒後、先行車が減速します。テストは、車両間の時間差が、設定する時間差の3分の2を下回る前に、自車が減速を開始すれば成功です。

2.2 グリーンウェーブテクノロジー

グリーンウェーブテクノロジーは、車両とインフラストラクチャーの間で情報を通信することにより、信号がいつ青に変わるか、および信号が青の状態のまま複数の信号を通過するために維持する必要がある一定の速度を車両がドライバーに通知するというものです。これには、交通渋滞の解消、燃料消費量の低減、ドライバーストレスの軽減というメリットがあります。図9は、このADASアプリケーションのSimcenter Prescanのデモです。連成シミュレーション設定と制御開発はACCのケースと類似しています。

2.3 自動駐車

自動駐車は、駐車支援の拡張機能で、最も早く商品化が見込まれる機能の1つです。低速で実行され、交通環境を監視できるため、完全に自動化された走行機能になります。

自動駐車機能がユーザーによって始動されると、Parking Area Management(PAM)システムと連動して車両の完全制御が開始され、指定された駐車位置まで駐車場内を自動運転します。このアプリケーションでは、前述の2つのユースケースとは異なる経路計画/制御レベルが求められます。

- **グローバル計画:** 機能が始動したゾーンから目的の駐車スペースまでの経路(または通過点)を計画します。このタスクは、駐車場の地図を使ってPAMが行います。
- **ローカル計画/制御:** グローバル計画からの基準経路に基づいて、車両は、センサーや認識機能を使用して軌道を計画します。プランナーは、駐車場にある不確定な要素に対応する必要があります(歩行者、他車両など)。
- **操縦の計画/制御:** 駐車スペースまでの車両の操縦を担当します。アプローチと要件は、ローカル計画段階とほぼ同様ですが、スペースが狭く、障害物(駐車車両等)が多いため、注意が必要になります。また場合によっては、前方または後方への方向転換(またはギアシフト)を伴う複数の動きが必要になります。図10は、Simcenter Prescanの自動駐車シナリオです。

ACCやグリーンウェーブテクノロジーのユースケースとは異なり、自動駐車のための経路計画/制御アルゴリズムは、速度および操縦のいずれの計画/制御も、主にMatlabとPythonを使用して開発されました。



図10: 自動駐車シナリオのSimcenter AmesimとSimcenter Prescanの連成シミュレーション

まとめ

Simcenter AmesimとSimcenter Prescanの連成シミュレーションのテストフレームワークは、さまざまな意味で有益です。第1のメリットは、プランナーおよびコントローラ全体の開発を、忠実性の高いビークルダイナミクスとフィジックスベースセンサーを利用することで、現実的な環境でテストおよび検証できます。第2のメリットは、標準テストシナリオやコーナーケースシナリオなど環境による作用を考慮しながらテストできることです。これにより、実行しなければならない現実の物理的なプロトタイプテストの数が大幅に減少します。さらに、交通や気象条件をエンジニアが自由に設定でき、現実のプロトタイプに比べ再現性がとても高いです。最後に、Simcenter Prescanが提供する高品質のビジュアライゼーション機能を活用することにより、エンジニアは、重要な問題をより明確に理解することができます。

参考文献

1. Kalra, N., Paddock, S., 2016. "Driving to Safety: How Many Miles of Driving Would It Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability?" Santa Monica, California: RAND Corporation
2. Wissel, D., Thomas, V., Lansky, L., 2016. "Linking model predictive control (MPC) and system simulation tools to support automotive system architecture choices," 8th European Congress on Embedded Real Time Software and Systems
3. Vanhuysse, J., De Bruyne, S., Nicolai, M., Atarashi, D., Van Der Auweraer, H., Desmet, W., 2016. "Nonlinear MPC design using Amesim models." TMCE 2016 Symposium. Aix-en-Provence, France
4. Simcenter Amesim: <https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/lms/imagine-lab/amesim/>
5. Simcenter PreScan: <https://www.tassinternational.com/prescan>

謝辞

本研究は、Electronic Components and Systems for European Leadership (ECSEL) Joint Undertaking (補助金許可契約番号692455)からの資金援助を受けた European Initiative to Enable Validation for Highly Automated Safe and Secure Systems (ENABLE-S3)プロジェクトで実行されました。この共同プロジェクトは、欧州連合のHORIZON 2020 research and innovationプログラムおよびオーストリア、デンマーク、ドイツ、フィンランド、チェコ共和国、イタリア、スペイン、ポルトガル、ポーランド、アイルランド、ベルギー、フランス、オランダ、英国、スロバキアおよびノルウェーからの支援を受けています。本研究は、Flanders Make ICON Environmental Modeling for Automated Driving and Active Safety (EMDAS)プロジェクトからも支援を受けています。

シーメンスPLMソフトウェア

本社

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

アメリカ

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

ヨーロッパ

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD
+44 (0) 1276 413200

アジア / 太平洋

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
+852 2230 3333

シーメンスPLMソフトウェアについて

シーメンスPLMソフトウェアは、シーメンスデジタルファクトリー事業部のビジネスユニットであり、産業のデジタル変革を促進するソフトウェア・ソリューションで世界をリードするプロバイダーとして、製造企業がイノベーションを実現できる新たな機会を創出しています。米国テキサス州プラノを本拠地とし、世界中に140,000社を上回るお客様を抱えるシーメンスPLMソフトウェアは、アイデアを具現化する仕組み、製品を実用化する仕組み、運用中の製品と資産を使用して把握する仕組みの変革に向け、あらゆる規模の企業と連携しています。シーメンスPLMソフトウェアの製品やサービスについては、www.siemens.com/plmを参照してください。

www.siemens.com/plm

© 2019 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Siemens および Siemensのロゴは、Siemens AG の登録商標です。Femap、HEEDS、Simcenter 3D および Teamcenter は、米国およびその他の国の Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. またはその関連会社の登録商標です。Simcenter、Simcenter Amesim、LMS Samtech Samcef、LMS Samcef Caesam、LMS SCADAS、LMS SCADAS XS、LMS Smart、LMS Test.Xpress、LMS Soundbrush、LMS Sound Camera、LMS Test.Lab および LMS Virtual.Lab は、Siemens Industry Software NV またはその子会社の登録商標です。STAR-CCM+ および STAR-CDは、Siemens Industry Software Computational Dynamics Ltd. の商標または登録商標です。その他の商標、登録商標またはサービスマークはそれぞれ各所有者に帰属します。MATLAB および Simulinkは、The MathWorks Inc. の商標または登録商標です。Python は、Python Software Foundation の商標または登録商標です。

69193-A7-JA 4/19 o2e