



**SIEMENS**

*Ingenuity for life*

Siemens PLM Software

# 自動運転車開発のための モデルベースシステムズ・ エンジニアリング

## エグゼクティブ・サマリー

この技術白書では、自動運転車 (AV) によって表面化した重要な課題を取り上げながら、自動車業界のデジタルイノベーションによる劇的な革新について説明します。自動運転には、全体的な車両開発に向けた抜本的なツールとプロセスの変革が必要になります。そして、モデルベースシステムズ・エンジニアリングのアプローチによる車両統合アーキテクチャーを使用すると、この課題に対応することができます。

シーメンスPLMソフトウェア  
自動車業界ソリューション担当グローバル・ディレクター  
Piyush Karkare

# 自動車技術の動向

マッキンゼー社によれば、車両挙動のさまざまな要素を制御するソフトウェアが、過去5年間で10倍にも増えています。このような急激な増加であっても、先進運転支援システム (Advanced Driver-Assistance Systems <ADAS>) 車両のレベル2、それもその一部分にしか対応していないと言われていました。2017年モデルのフォードF150が1億5000万種類を超える、驚くべき数のソフトウェアを搭載していたことを考えると、自動運転を実現するまでの行程で新しい機能やサービスが追加されるにつれ、引き続きソフトウェアが増加するのは容易に予測できます。

市場規模に関するHIS社の調査では、自動運転市場は、2035年までに2100万台になると予想されています。別の調査では、規制当局によって自動運転車が承認された場合、その後10年以内に、全乗客の移動距離の95%がオンデマンドの自動運転車によって提供されると予測しています。また、サービスとしての輸送では、ほとんどの乗客の移動距離が自動運転車になるだけでなく、現在のオンデマンドサービスの3分の1のコストで提供できるようになると言われています。

自動車の役割は、今後10年間で劇的に変化し、素早い移動手段の1つから、エンターテインメント・サービスもしくはProductivity Serviceへと移行します。現状、ドライバーに任されている制御の部分は、2025年までに、車両自体がその大部分を行うようになります。車両の内装はデザイン重視になり、自動車は車輪の付いた「リビング・ルーム」へとその姿を変容するでしょう。Uber (ウーバ

ー) 社は、完全に自律的な相乗りサービスに移行し、ドライバーは必要なくなり、この会社自体は、宅配便、運搬、輸送の分野へと事業を拡大するでしょう。全自動が実現すると、例えばニューヨーク市民の片道通勤時間が2時間以内に減少し、必要な車両の数は現在の5%未満に減ります。これが生産性、環境、そして経済に与える影響は容易に想像できるでしょう。

自動運転車の登場により、自動車の所有モデルが根底から覆され、従来の製造メーカーは、商用の車両を設計する輸送サービス・プロバイダーへの転換が必要になります。大量の車両の修理やメンテナンスは、航空業界のそれに似たモデルへと進化するでしょう。

安全で信頼性が高く効率的な輸送サービスと自動運転を可能にするには、V2X (Vehicle to Everything) 接続が不可欠になります。リアルタイムかつ信頼性の高い情報フローを使用して、車両が、他の車両 (V2V)、道路設備 (V2I)、および歩行者 (V2P) と通信するようになります。V2N (Vehicle-to-Network <車とモノとの通信>) 通信によって、オープンなクラウド・コンピューティングが、スマート輸送サービスのための接続網を提供できるようになります。車両からのデータが急激に増加するにつれて、自動車業界の関係者は、そのデータを、いかに価値ある製品やサービスとして収益化するかを考えなくてはなりません。

# 自動運転車の開発における課題

自動運転車を実現するテクノロジーの急激な発展と収束によって、自動車業界は、多くの新しい課題に直面しています。代表的な課題には、以下のようなものがあります。

## 信頼と自信

すべての制御を自動車に任せることへの不安を解消することは、自動車業界が克服すべき重要なビジネス課題です。制御の放棄はリスクが非常に高いため、自動車業界は、消費者に安全性と信頼性について納得してもらわなくてはなりません。自動運転車 (AV) を実現するテクノロジーが急速に進歩する一方で、どのようにすればAVが信頼されるのかを理解するには、まだ解明すべき点が多く残っています。ADASおよびAV機能の実装は、人々がそれらを操作し理解する中で、不信感や疑念を持つ可能性があるのです。

AVは、乗客だけでなく、路上にいる歩行者や運転者の命の危険も考慮して、走行、通信、作動しなくてはなりません。ドライバーのいない車の安全、信頼、快適性を人々に感じてもらうには、単に社会的な利益や新しいビジネスモデルをアピールするだけでは達成できません。信頼と自信の構築は、コンポーネント、システム、車両、V2X通信の各レベルで、OEM、サプライヤー、そして関連企業がそれぞれ対応する必要があります。

## 車両の認可

完全自動を実現するレベル5車両の認可で、実際の物理的なテストを行うことは非現実的でしょう。トヨタの代表取締役社長である豊田 章男氏は、自動運転車が顧客に提供されるまでに142億kmの走行テストが必要だろう、と見積もっています。この規模を考えると、テストの大半はバーチャルもしくはデジタル上で行われる必要があります。

道路、環境、交通状況の基本的な事実を表すビッグデータおよび規制データベースは、AVの走行テストを始める前の仮想検証と人工的なシナリオの構築に役立ちます。AVを開発している企業は、以下の3つの環境を組み合わせ、検証と妥当性確認 (V&V) を行うことになるでしょう。

- 数百万のシナリオに対するMiL (Model-in-the Loop) と SiL (Software-in-the-Loop) V&Vによる完全な仮想環境
- HiL (Hardware-in-the-Loop)、DiL (Driver-in-the-Loop)、およびViL (Vehicle-in-the-Loop) による、物理的な環境と仮想環境が連携している環境
- 物理的な実験場でのテスト環境

コンサルティング会社のローランド・ベルガーでは、全体的な自動化システム開発の主要な (最大ではないとしても) コスト要因として、設計検証を挙げています。

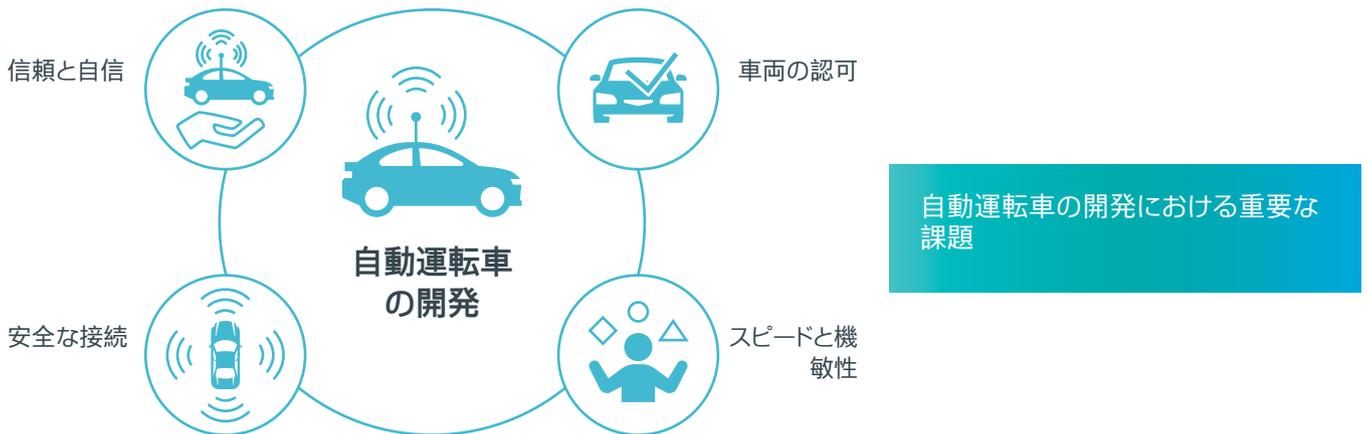
### 安全な接続

自動運転車には、不可侵の防御能力、性能、および堅牢性が求められます。主な問題の1つは、外部の接続プラットフォームに依存するAVシステムの安全を守ることにあります。自動運転車は、道路上の他の車両や設備に接続する必要があり、その接続の安全性とセキュリティが非常に重要になります。つまり、V2X通信、ハッキングによる障害、モバイル通信の問題、設備とシステム/ソフトウェアの欠陥をシミュレートおよび検証するためのツールが必要となります。

### スピードと機敏性

自動運転の市場では、従来の自動車OEMとそのサプライチェーン間だけでなく、大手のテクノロジー企業、相乗りサービス、および新興企業との間にも大きな競争があります。従来の自動車を開発するための従来の手法は、次世代の自動車ソリューションを開発する際には支障をきたします。

AVの開発には、複数分野のシステム・モデリングや、すべてのプロセスを結び付ける包括的な情報の連携（デジタル・スレッド）を含んだ、総合的なシステムズ・エンジニアリング・アプローチが必要になります。AVの開発に成功した場合に得られる潜在的な利益は莫大になると予想されますが、それを実現できるのは、かつてないほどの開発スピードと、急速なテクノロジーおよび市場の発展に対応するための優れた機敏性を持つ企業のみです。



# 自動運転プロセス

基本的には、一般的な先進運転支援システム (ADAS) と自動運転車 (AV) には次の3つの機能が必要とされます。

## 検知 (Sensing)

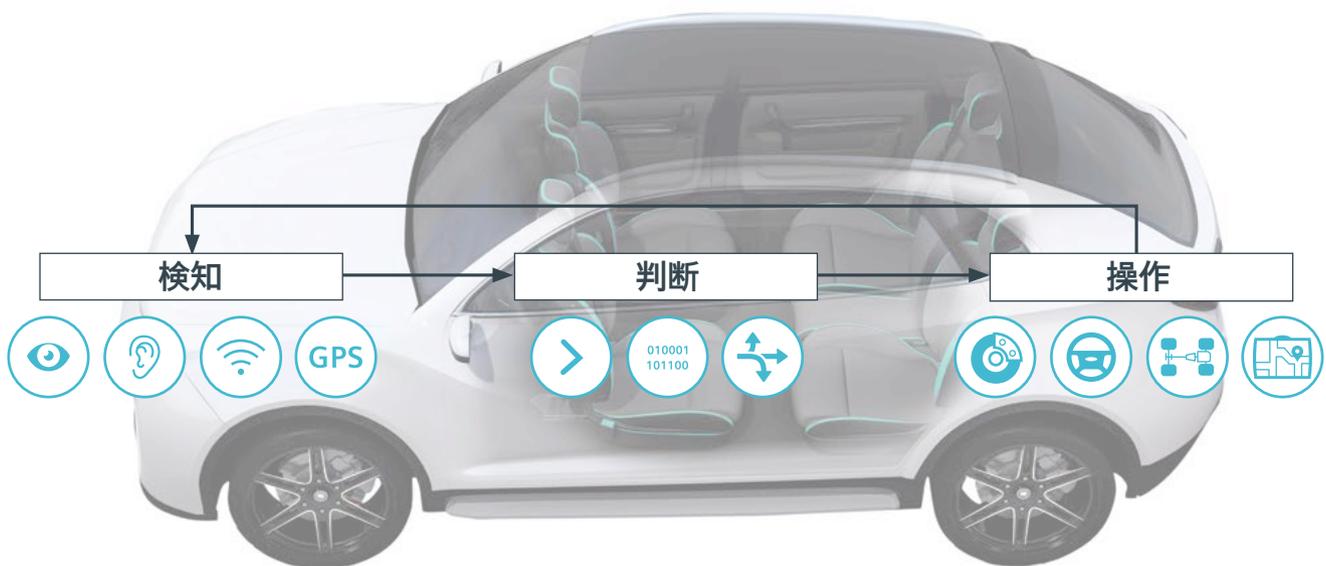
自動運転車は周りの環境を理解する必要があるため、この機能には複雑なセンサーを統合することが必要です。2016年に作られたADASを搭載した主な車両には、平均11台の画像センサー (カメラ、レーダー、ライダー) が搭載されていました。完全な自動運転車には、25を超える画像センサーが搭載されると予想されており、画像センサーの市場は、今後10年間で、6500万ドルから5億ドル以上へと8倍の成長が期待されています。

## 判断 (Thinking)

自動運転車は、センサーからのデータを融合し、環境内のシナリオと照らし合わせて、インテリジェントに思考できなくてはなりません。この機能を実現するには、精巧な集積回路とソフトウェアを開発し、最終的に、人間と環境のインターフェースを内蔵の意思決定支援機能に置き換え、機械が360度の存在物を完全に理解できるようになくてはなりません。

## 操作 (Acting)

車両は、ハンドル操作および加速・減速を制御する複雑なアルゴリズムを使用し、再現可能な動作、かつ信頼と安全が確保できる動作をしなくてはなりません。ADASおよび自動運転用の複雑なアルゴリズムを効率的に実行するには、カスタム・シリコンが不可欠です。このシリコンは、効率的にモデル化された純粋なシリコンで、コンプライアンスを明確に実証するために、仮想テスト環境に組み込まれている必要があります。この動作を保証するには、膨大な数のユースケースを対象とした徹底的なテストが必要です。このレベルのテストは明らかに実現困難なため、これらの複雑な問題を解決するためには、製品開発における新しいアプローチが必要になります。



# 従来の開発プロセスを見直す

自動車業界の企業は、自動運転車の開発における課題解決のために、ITシステムから基盤となる方法論まで、従来の製品開発プロセスを見直す必要があります。従来の製品ライフサイクル管理システムを基に新しい車両用のソリューションを考案しても、あまり意味がありません。多くの企業は、従来型のエンジニアリングや製造のアプローチでは、期間短縮や開発サイクルの加速に対する市場からの期待に応えられないとわかり、より速く行動するために新たな組織を構築しています。

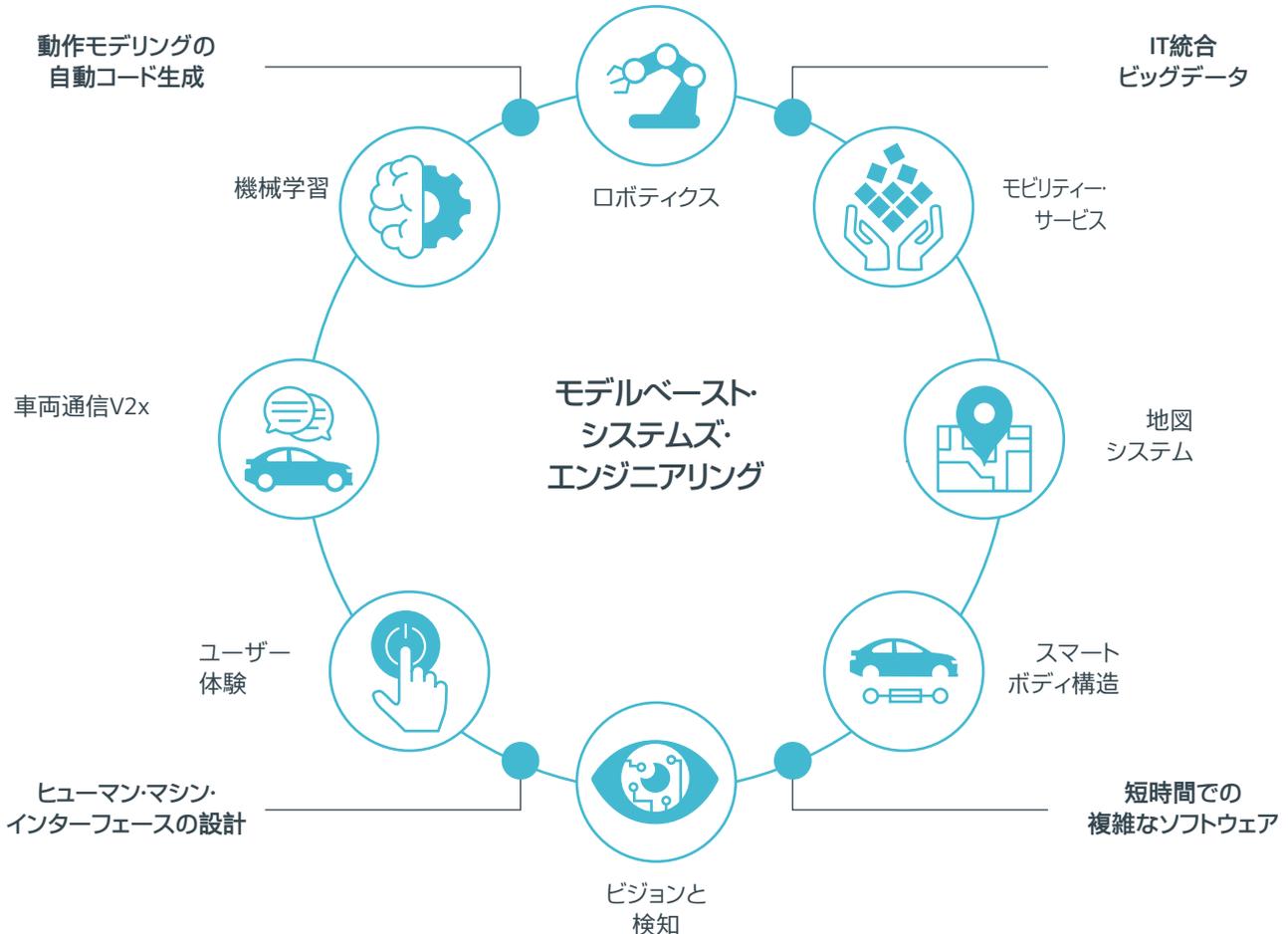
これまでOEMは、車両、動力伝達系、製品群の主要なサブシステムを担当するプラットフォーム・チームを作ってきました。現在は、ソフトウェアと新たなサービスを車両に統合するための新しいモビリティ・プラットフォーム・チームを作っています。将来の課題対応に向けたこの統合は、従来型の開発プロセスの領域を越えています。



# モデルベースシステムズ・エンジニアリング

今後、自動運転車を開発するには、企業がモデルベースシステムズ・エンジニアリング (MBSE) の方法論を採用する必要があるでしょう。MBSEは、システム要件、分析、設計、検証および妥当性確認 (V&V) をサポートするために形式化されたモデリングを適用するものです。これは、構想設計段階から始まり、開発およびライフサイクルの後工程まで継続されます。

MBSEのアプローチを使用すると、エンジニアは、自動運転に必要な先進的なリアルタイム機能の複雑さを可視化し、それらの動作を把握することができます。これにより、開発チームは、興味や関心がある領域を理解し、関係者間における誤解のないコミュニケーションを実現できます。機械、電気、電子、ソフトウェア、および制御設計を慎重に調整する必要がある自動運転車の開発は、多くの専門分野に渡る複雑なプロセスであり、これに対処する方法としてMBSEアプローチの必要性が高まっているのです。



MBSEは、自動車の革新のための主な原動力として、製品開発をソフトウェアに劇的にシフトさせることのできる方法論であり、制御システム、電気システム、ハードウェア開発プロセスを統合します。自動車業界の企業は、このアプローチを活用して懐疑的な顧客を安心させ、自動運転車に求められるこれまで以上の信頼性とロバスト性要件に対応できる安全性とセキュリティを確保しつつ、設計することができます。MBSEはさらに、自動運転車の走行テストに値する証明にも役に立ちます。これは、数百万のシナリオを有する仮想シミュレーションという高度なデジタル化によって達成できます。これらすべての要素は、エンジニアリング全体に渡って、システムレベルのモデリングとシミュレーションへの根本的な移行を必要とします。

MBSEを完全に採用している自動車業界の企業はまだ少なく、エンジニアリング部門の多くは、ドキュメントベースの設計とモデルベースの設計が共存するハイブリッドな環境で作業しています。MBSEの取り組みスコープの定義は重要なタスクであり、プロセスの早期に明確にする必要があります。このスコープは、MBSE範囲外にあるものを明確にする必要があるとともに、以下のことも識別しなくてはなりません。

- MBSEモデルで取得されるシステムの機能と取得されない機能
- モデル化されるフォームやコンポーネントとモデル化されないもの
- 貢献する組織としない組織

鍵となるのは、エンジニアリングとその部門に全体に渡ってシステムの意図、動作、スコープを含むエンジニアリングデータを接続する堅牢なデジタルスレッドを構築することです。これによって、製品定義から設計、生産、およびフィールドにおける車両の性能までを追跡することができます。



# デジタル・イノベーション・プラットフォーム

シーメンスのMBSEに対するデジタルイノベーション・アプローチは、複数分野にまたがる製品開発（機械、電気、電子、制御、ソフトウェア）を統合し、コスト、品質、信頼性、製造可能性などの最適化を検討する際に役立ちます。

シーメンスは、PLMをMBSEのバックボーンとして、機械、電気、電子、および制御に対応するエンジニアリング・プラットフォーム上で包括的なツールを提供し、さらに統合された製品定義を使用して、すべての開発分野をカバーするシステムズ・エンジニアリングの一貫したプロセス・フレームワークを提供します。さらに、このデジタル・イノベーション・プラットフォームは、部門を問わずすべての知識を集約し、ユーザーの部門や地理的な場所に関係なく、権限を持ったユーザーがアクセスできるようにするものです。このプラットフォームでは、イノベーションを促進するために、複数部門のエンジニアリング・チームが、自動運転車のライフサイクル全体に渡って統合を開始・維持することができます。

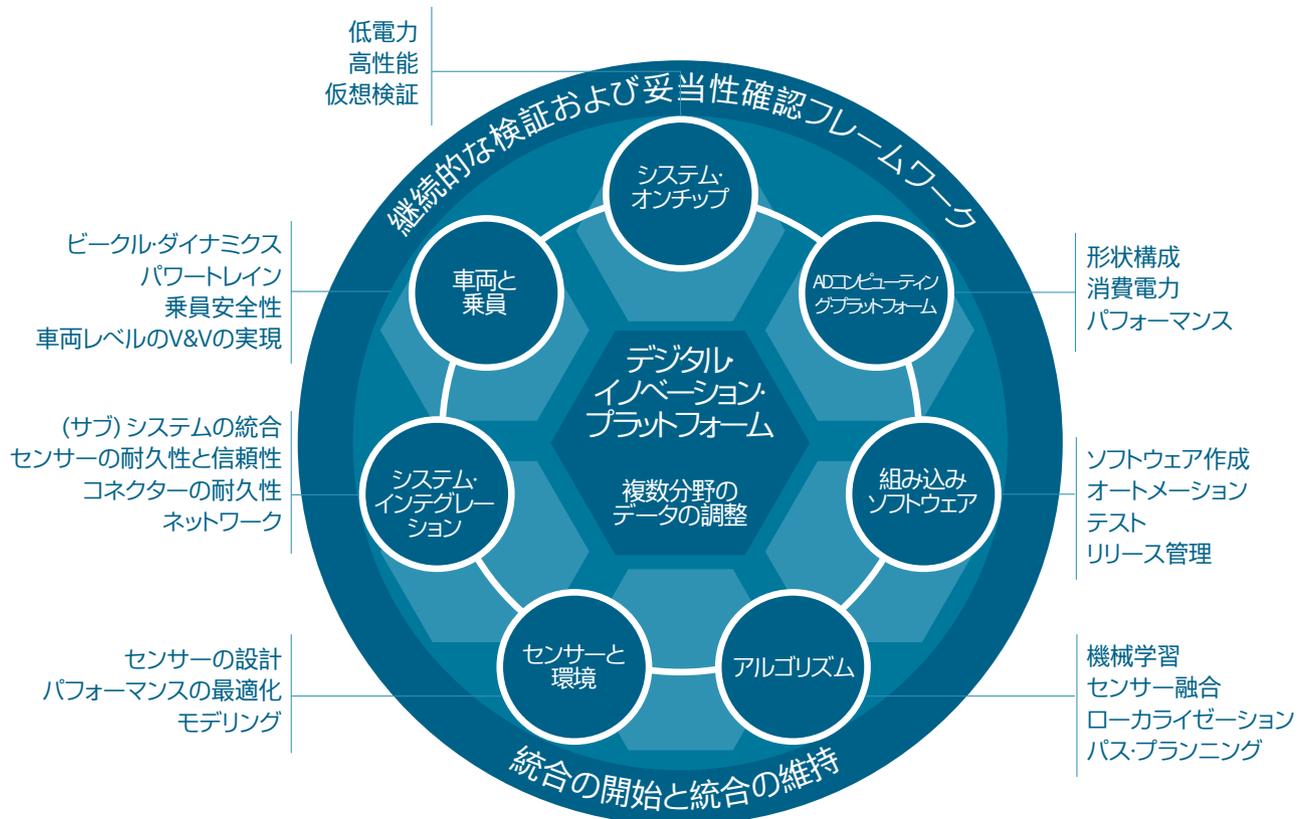
MBSEアプローチを使用したデジタル・イノベーションの実現要因として、以下のような主要なものがあります。

- 高度な車両システムのMBSEデータとプロセスを管理・関係させるため、複数の専門分野にまたがるプロセスと変更を管理
- 複数分野に渡るトレーサビリティとコンフィグレーション – 機械、物理学、電子、電気、ソフトウェア、制御を含むイノベーション・プラットフォームは、複数分野の完全なトレーサビリティとコンフィグレーションを可能にするために、自動運転車の設計のためのツールとプロセスを統合
- 規制、業界標準、市場ニーズ、契約内容、消費者の要求などすべての要件を網羅・伝達し、次世代の自動運転車開発チームを導く要件管理、検証と妥当性確認。検証や妥当性確認だけでなく、設計へのフィードバックに至るまでのクローズドループを確立し、意思決定と役割の明確化と、それぞれの分野や部門への各要件の割り当て

- 機能とシステムのモデリング – 製品アーキテクチャーとシステム・モデリングのための包括的なツール。システム・モデリング環境は、システムの機能と論理的な要素を取得し、整理して関連付けることで、すべての要素がどのように組み合わさっているかを伝える包括的なビューを構築
- 検証および妥当性確認 – 数十億kmに渡るテスト・シナリオを使用してAVを物理的に検証することが実現困難または不可能であることを考えると、AVシステムに必要なレベルの信頼性を達成するには、テストの大部分をバーチャルに行う必要がある。複雑なAVシステムの設計に必要な、複雑な制御アルゴリズムの変更と改善には、継続的で回帰的な性質が見られ、仮想化とデジタル化はこれも支援できる。シーメンスのイノベーション・プラットフォームは、システム開発ライフサイクルの全体に渡って継続的な検証および妥当性確認を支援し、計画と実現を可能にする。また、要件の細分化とシステム仕様の作成から、機能の統合と細分化およびそれらの検証まで、要件と比較して開発を検証し、その設計が現実的なニーズやユーザーのニーズを満たすことを確認し、さらにV&Vプロセスを管理するための最先端のツールを提供
- 物理的 / 機械エンジニアリング – コンピューター支援設計 (CAD)、設計と製造、さらにはシミュレーションのソリューション・ポートフォリオは、AVシステムの機械的および物理的な側面の設計、最適化、エンジニアリングのための最先端のテクノロジーを提供。これらは、製品イノベーション・プラットフォーム全体でシームレスに統合され、自動車OEMやサプライヤーの間で広く使用できることが実証されている
- 電気および電子エンジニアリング – このデジタル・イノベーション・プラットフォームには、車両の電子および電気システムと通信ネットワークのエンジニアリングのために、プリント回路基板 (PCB) の設計、自動車システムとネットワークの設計、検証およびテスト、組み込みソフトウェア、電気系統およびワイヤーハーネスの設計のためのソリューションが含まれる。これらのソリューションを使用すると、分散されたソフトウェア統合のための電氣的アーキテクチャーの最適化が可能になり、この際、安全とセキュリティ、ネットワーク帯域幅と過負荷、信号 / インターフェースの遅延、CPU使用率、配線などが考慮される。また、これらの機能は、エンジニアリングとコンポーネントのコストと時間の節約のために、車両製造の複数のバリエーションでのハードウェアの統合とソフトウェア機能の最適化もできる。ツールはPLMと統合され、複数部門や分野のコラボレーションをサポート
- ソフトウェアと制御エンジニアリング – 自動運転車は、さまざまな種類のネットワーク経由で接続された100以上の電子制御ユニット (ECU) を統合した、ソフトウェア集約型の機械システム。自動運転の実現には、自動車メーカーがこれまで直面した中でもっとも複雑な数種類のソフトウェア実装が必要になり、センサーからの情報、クラウドからの交通状況データ、他の車両や設備から受信するデータを統合する必要がある。デジタル・イノベーション・プラットフォームは、仮想設計、検証および妥当性確認プロセスを統合する必要がある。これには、ソフトウェア開発のためのアプリケーション・ライフサイクル管理、テスト駆動型のソフトウェア・モデリングとコーディングのための組み込みソフトウェア設計ソリューション、組み込みオペレーティング・システム、および自動計算開発プラットフォームを含む

# まとめ

自動運転車の開発には、モデルベースシステムズ・エンジニアリングのための統合されたソリューションの包括的なポートフォリオが必要であり、さらにチップの設計から、電気、ソフトウェア、ハードウェアのシステム統合、車両 / 乗員レベルのシミュレーションまでの広範囲の開発作業をサポートできるデジタル・イノベーション・プラットフォームが必要なのです。



## Siemens PLM Software

### 本社

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

### 北米・中南米

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

### 欧州

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

### 日本

〒151-8583 東京都渋谷区代々木2-2-1  
小田急サザンタワー  
Tel: 03-5354-6700  
Fax: 03-5354-6780

## 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の詳細については、[www.siemens.com/plm](http://www.siemens.com/plm)をご覧ください。

## [www.siemens.com/plm](http://www.siemens.com/plm)

© 2019 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Siemens、SiemensのロゴおよびSIMATIC ITは、Siemens AGの登録商標です。Camstar、D-Cubed、Femap、Fibersim、Geolus、GO PLM、I-deas、JT、NX、Parasolid、Solid Edge、Syncrofit、Teamcenter、およびTecnomatixは、Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.またはその子会社の米国およびその他の国における商標または登録商標です。Simcenterは、Siemens Industry Software NVまたはその関係団体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。

31354-A3-JA 4/19 o2e