



**SIEMENS**

Ingenuity for life

シーメンスPLMソフトウェア

## 自動運転を目的とした 機能への移行を理解する

### エグゼクティブ・サマリー

自動運転が自動車業界に与えた革命のインパクトは大きく、自動車メーカーや技術企業から地方自治体および国家政府に至るまで、さまざまな関係者にとって、新しい可能性が広がってきました。しかし、自動車のインターネット接続機能がこれまで以上に充実してきている一方、自律的に考え行動する車の安全性をどのように保証するのかという重要な課題が立ちはだかっています。この技術白書は、このような課題に対する世界の技術動向や規制当局の対応について、簡易的に行われた調査の結果を踏まえて執筆されました。また、この技術白書は、Centre of Excellence for Testing and Research of Autonomous Vehicles – Nanyang Technological University (CETRAN)、Singapore Manufacturing Federation – Standards Development Organisation (SMF-SDO)、およびシンガポール陸上交通庁 (LTA) によって、2018年9月に実施されたワークショップ向けに準備された内容です。

Mentor

グローバル・ファンクショナル・セーフティ・マネージャー Joseph Dailey

TASS International (シーメンス事業部門)

モビリティ・センター・ディレクター Gwen Van Vught

シーメンスPLMソフトウェア

エンジニアリング・マネージャー Ajinkya Bhawe

自動車は、近年よく話題に上がるように、単に「機械的な馬なしの馬車」という存在から「ソフトウェア主導の車輪の付いたコンピューター」へと変化しています。自動車の設計・製造において電子機器が大きな役割を担うようになり、エンジニアは従来の慣例に従って、ISO 26262、21448、21434、J3061などの規格を採用することで、これに対応してきました。これについては、業界誌の記事や論説でも取り上げられています。2018年8月27日付けのElectronic Engineering Journal誌の記事の中でBryon Moyer氏は、「ISO 26262などの仕様では（中略）、製造された製品の安全性を証明するという仕事が開発者の肩に重くのしかかる」と述べていますが、実際には、ほぼすべての規格要件が自動運転にも当てはまります。

以下に、これらの規格の概要を少し説明します。

2011年11月発行のISO 26262では、自動車の電気 / 電子システムの機能的安全性が規定されています。この規格は、要件管理や計画に始まり、製造および試験に至る製品ライフサイクルのあらゆる部分を規定するものです。この規格には、組織における安全性の意識改革という効果もあり、現在多くの企業では、社長からライン・エンジニアまで社員全員に、ISO 26262のトレーニングへの参加を義務付けることが一般的になっています。ISO 26262は、重要な分析の実施方法を規定し、エンジニアリングの

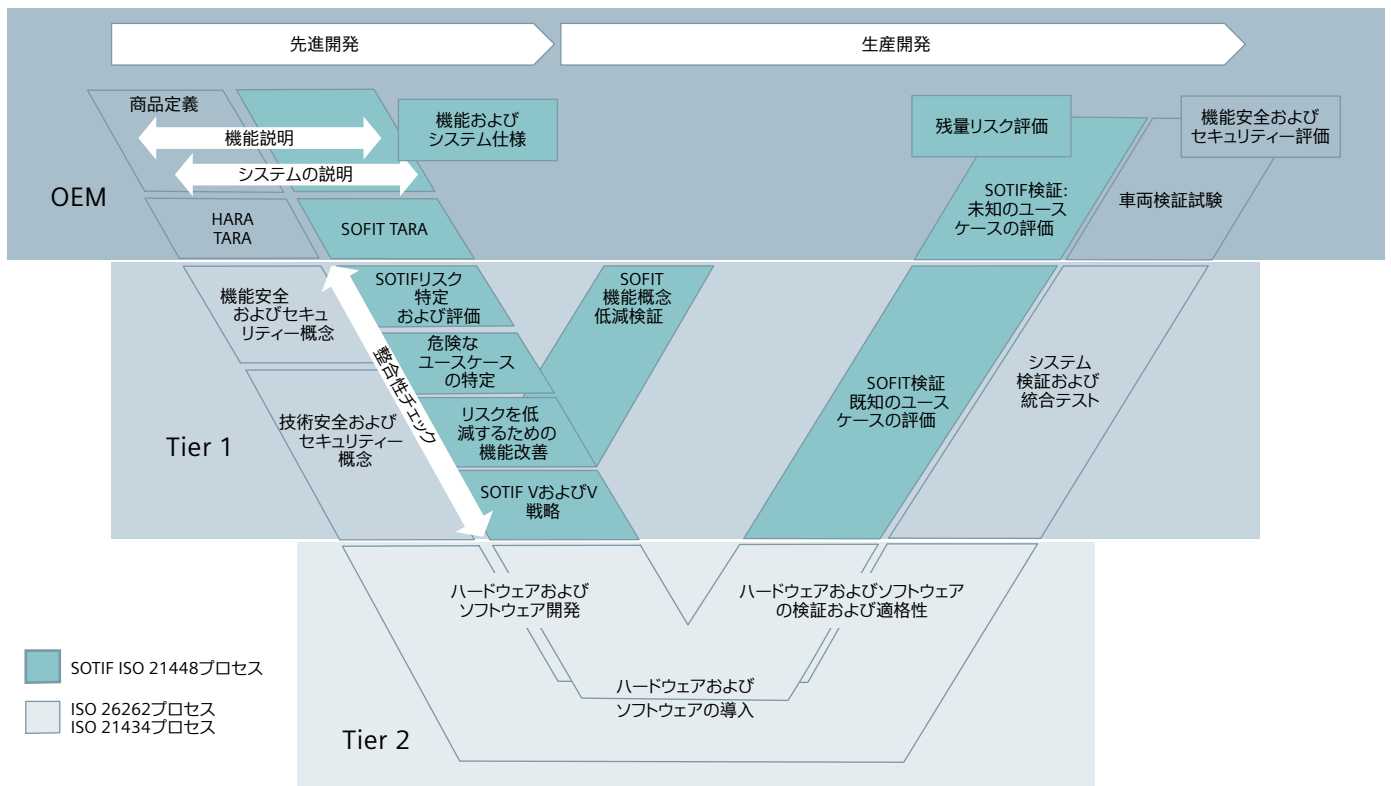
ベスト・プラクティスの策定を支援するものですが、最近では、非決定性の人工知能 (AI) システムがもたらす課題に直面しています。このようなシステムの基盤となる自己学習アルゴリズムは、入力（車両のセンサーデータなど）から出力（特定の運転意思決定など）までが一直線でつながっていないため、ISO 26262や、多くの技術試験方法で使用されるif/then型テストにおいて、大きな障害となります。

自動運転に関連した他の規格では、すべての接続機器において重大な問題は、サイバーセキュリティであると言及しています。サイバーセキュリティ企業のマカフィーによると、世界のサイバー犯罪の被害額は、年間6,000億ドルにのぼり、世界のGDPの0.8%に相当します。2018年の初めにMcity Threat Identification Modelを発表した際、ミシガン大学機械工学科教授のHuei Peng氏は、「自動運転車、システム、そしてインフラのための堅牢で抜け穴の無いサイバーセキュリティを確立しない限り、自動運転車は市場に存在すらできなくなるであろう」と述べています。

ここで注目されるのは、2012年にSAEインターナショナルが発行したベスト・プラクティスのガイドブックであるJ3061と現在策定中のISO/SAE 21434（サイバーセキュリティ・コンポーネントおよびインターフェースの仕様・



「あらゆる状況でも、人間がまったく関与しなくてすむ」レベル5の完全自動運転に近づくことが、依然として理想とされている。



SOTIF ISO 21448がハードウェアおよびソフトウェアの開発および検証のVサイクルを強化する仕組み。

要件一覧を含み、エンジニアリング、生産、運用、保守、さらには接続されたコンポーネントの廃棄に至るまでの作業を規定する。最終版は2019年下旬に発表される予定)の存在です。

目下の課題は、既存の設計ベストプラクティスを推進しながら、同時に、高度な自動運転車を実現するために必要となる新しい設計や試験技術をどのように導入するかです。この問題に答えているのが、現在策定中のISO 21448です。ISO 21448は、自動運転車における電子部品のSOTIF (Safety of the Intended Functionality) への対応方法を規定するものです。規格委員会は、多様化が進むサプライチェーンから提供されたすべての電子機器や機械システムへ対応を含め、より広範囲をカバーしようと試みています。この規格では、自動車を運転する人間やAIからの反応を引き起こす場面、シナリオ、および要因やそれらの組み合わせが大量にリスト化される予定です。基本的には、これが現在進められている作業であり、最終的に発表されたとしても、ISO 21448では、AIが搭載された自動車の安全性の問題のすべてを解決することにはなりませんし、大部分は未解決のままです。この規格が提供するものは、レベル2の自動運転達成に向けた単なるロードマップにすぎません。

依然として理想は、あらゆるシナリオで人間がまったく関与しなくてすむ、レベル5の完全自動運転に近づくことです。このレベルに達するには、構想から設計、製造から試験に至る製品ライフサイクルの各段階で、イノベーションが必要になります。自動車が本当に人間のように考え、反応することができるのか。あるいは、あらゆる状況で自動車が人間より10倍から100倍適切に対応できるのか。その信頼を一般市民から勝ち取ることが、もっとも重要なことなのです。

### AIが意味するもの

AIによる完全な制御を誰が完成させるかによって、自動運転車業界の主導者が決まります。KPMG社のインダストリアル・マニュファクチャリング部門で戦略実行リーダーを務めるTom Mayor氏は、2016年11月のレポートの中で、以下のように述べています。「自動車メーカーはこれまで、自動車に関する技術を秘密裏に独占してきました。しかし、深層学習の登場により、そのような最先端技術の主導権が、自動車以外の業界に移りつつあります。自動車メーカーが車を動かすアルゴリズムを支配するためには、それを設計する技術者がいなくてはなりません。今問題になっていることは、自動車業界に集まってくる深層学習の専門家数が少ないことです。」

実際に、新興企業やグローバル企業、官公庁に至るまで、新たな人材獲得競争が始まっています。高度なAIシステムを開発できる能力の高い人材は少数なのが現実です。現在、自動車業界では、深層強化学習システム、AI、実際のデータのクローズド・ループ・シミュレーションを組み合わせることに注目が集まっています。現状の取り組みは、小規模なシナリオとその反応の一覧を手作業で作成し、ニューラル・ネットワークで実行して正しい反応を学習させることです。この完了後、より高度な意思決定が必要な複雑なシナリオを、ネットワークに与えることができるようになります。

最終目標は、車両サブシステムや完全車両シミュレーションを超えた都市規模のデータの導入であり、継続的な統合化・デジタル化によって可能になります。現実世界のより詳細かつ大規模な情報を想定した安定的なデータには、アルゴリズムの最適化が必要です。その後、この現実世界のデータのパラメーターを微調整することで、システムはさらに賢くなり、予想外の異常事象について学習やシミュレーションを始めるようになります。シーメンスなどの組織の研究者は、シナリオ・データベース形式でデー

タを抽出するだけでなく、このような未知のシナリオを、数学的に定義された方法で試験するため、パラメーターの統計的分析も始めています。このような検証体制を試験走路や公道で実行するには、何十億マイルものテスト走行が必要であります。そんなことでは、完全自動運転の開発はいつまでたっても実現しないでしょう。

「自動車メーカーはこれまで、自動車に関する技術を秘密裏に独占してきました。しかし、深層学習の登場により、そのような最先端技術の主導権が、自動車以外の業界に移りつつあります。自動車メーカーが車を動かすアルゴリズムを支配するためには、それを設計する技術者がいなくてはなりません。今問題になっていることは、自動車業界に集まってくる深層学習の専門家の数が少ないことです。」

KPMG社

インダストリアル・マニュファクチャリング部門戦略実行リーダー  
Tom Mayor氏



夜のシンガポール: 2018年夏、シンガポールに自動運転バスのテスト専用街が建設されたことが話題になりました。現在の規制環境は制限がゆるく、多くの自治体や国にとってチャンスとなっていると言えますが、その状況も長くは続かないでしょう。



2018年シーメンスが実施したウェビナー「Designing autonomous vehicles for series production (連続生産に向けた自動運転車の設計)」からの一場面  
 ※実際のウェビナー(英語)は、<https://youtu.be/fdifp6G38ak>からご覧いただけます。

かなり楽観的な見方をしたとしても、レベル5の自動運転車が大量に公道を走行する未来は、まだ遠い先のことでしょう。現実的には、人間と機械の両方が運転を行う期間が何十年も続く可能性が高いといえます。人間からAIへの切り替えには危険が伴いますが、新しい運転モードの概要は、現在すでに明らかになっています。それは、運転を主導するAIが、その知識を超える状況に遭遇すると、決定論的安全層が車両を減速させ、道路の脇に停車させた後に、人間のドライバーに運転を引き継ぐということです。テストの観点からすると合理的といえます。なぜなら、厳格なif/then安全層は、自動車の従来の検証アプローチと一致しており、永年にわたって自動車の安全性向上に高い効果があることが実証されてきたからです。つまり、特定のシナリオに遭遇すると、安全な対処方法を実行する高度な決定的モードに切り替わるという、AIシステムの現実を理解する方法を探すということです。

#### 規制(または、規制の欠如)

自動車業界は、これらのシステムの安全性を政府にどのように証明できるのでしょうか。これは、今日よく議論されている問題です。企業が実際の道路とシミュレーションを組み合わせて実行した走行テストを何百万回分報告して

も、自動車の安全性を保証したことにはなりません。運転設計領域(ODD)ごとに異なる要件が存在することは避けられないと考えられます。そして、これらの各要件では、現在報告されているカリフォルニア州車両管理当局のDisengagement Reportのように、メディアの注目を集める、自動運転解除に関するデータが大量に必要とされることになります。このような仮定的要件には、特定のODDで10,000マイル当たり1回の解除を超えるとシステムは安全でないとみなされる、といった条件が含まれる可能性があります。カリフォルニア州のデータでは、現在のところ、ウェイモ社の記録した1,000マイル当たり0.18回が最も低く、次に低いのがクルーズオートメーション社の1,000マイル当たり0.8回です。

解除データは、確実ではないが、必ず課されるであろう政府からの規制に備え、イノベーションを進めながらも自主的に規制しようとする業界の取り組みの一例にすぎません。近年注目された問題は、2016年に、米国運輸省道路交通安全局が、コンピューター制御された自動運転車の安全性は人間のドライバーと同等であると宣言したことです。この発表は世界中のニュースで報じられましたが、安心感よりも疑念の方が拡がりました。注目すべき

は、このニュースが、ハンドルやブレーキ、アクセルなどの制御装置のない完全無人の自動運転車を開発するというグーグル社の提案を、明確に支持するものであったことです。

## 「研究者は、深層学習ネットワークの意思決定の仕組みを完全に理解できていない。」

ニューヨークタイムズ 科学およびテクノロジー記者 John Markoff氏

このニュースを取材したニューヨーク・タイムズ紙の科学/テクノロジー担当記者であるJohn Markoff氏は、ハードウェアやソフトウェア技術の継続的な進歩によりもたらされる不確実な状況を、以下のようにまとめています。

人工知能が提起する法的な問題は、テクノロジーの進歩によって複雑化しています。機械がプログラミングによって命令されたことだけを正確に実行するのが普通だったのは過去のことです。この場合、人間のプログラマーが小数点位置を1桁間違えるなどのミスを犯すと、機械は誤作動します。

しかし、最近の人工知能は、深層学習アルゴリズムと呼ばれるものによって大きく進歩しました。これは、それぞれに独自の複雑な構造を持つ、複数の処理層で構成されたソフトウェアをベースとした機械学習の延長です。プログラムは、大量のデータに触れることで「教育」されます。教育されたプログラムは、視対象を分類したり、音声を理解するといった、人間のよう作業を実行できるようになります。

しかし現時点では、研究者は、深層学習ネットワークがどのように意思決定を下すのか、完全には理解できていないことを認めています。

政府をはじめ、私たち人間は、航空業界におけるフライ・バイ・ワイヤ・システム（電氣的操縦）への移行例から学んだ教訓を肝に銘じる必要があるでしょう。オートメーションが航空宇宙業界に登場した当時、新しいシステムの安全性を可能な限り証明しようとする動きがありました。安全性は次第に改善されましたが、その過程では、ニアミスや大きな墜落事故がいくつも発生し、エンジニアやパイロットをはじめとするすべての人々は新しいシステムの現実を思い知らされました。無用な死亡事故は1件でも起こってはなりません、新たな形態での自動車

オートメーションが進めば、事故により人命が失われることになるのは避けられません。世界の自動車事故の最新データ（年間130万件の死亡、5,000万件もの負傷、または回復不能の障害）を鑑みると、それよりもはるかに多くの人命を救える可能性を視野に入れることが鍵になります。

自動運転車の開発が急速に進む中、安全性はすべての人々にとって最大の懸念となっています。複数の規格を統合するには、近い将来、高度な決定的（かつ、簡単に検証可能な）安全層によって強化された非決定的AIアルゴリズムが、最終的に優位に立つことを考慮しなくてはなりません。そして、最終的に、自動車業界は、強制的な政府の規制によって制約されることとなります。現在の幅広く門戸を開けた規制環境は、多くの自治体や国にとって好機となっていますが、それも長くは続かないでしょう。過去100年間で最も革新的なテクノロジーの一つを開発するという、あまりにも大きな役割は、チップから都市レベル、さらには国レベルで、すべての市民、エンジニア、政府などが熟慮しなければならない課題です。

複雑化が進むにつれ、機能的に安全なハードウェアおよびソフトウェアを、製品ライフサイクルやサプライチェーン全体に渡って提供する自動車メーカーやサプライヤーが負うリスクは、高くなります。自動運転は多くの可能性を秘めていますが、安全性が保証されていないのであれば、実物の自動運転車はおろか、自動運転車の概念でさえ、一般市民（ひいては政府）が受け入れるはずがありません。

## 参考文献

Siemens report (2018年7月)、“Cities in the Driving Seat Connected and Autonomous Vehicles in Urban Development”, <https://sie.ag/2Mb29VT>

Rosenberger, Peter (2018年7月9日)、“Singapore: The world’s smartest nation by 2030?” The Magazine (シーメンス発表), <https://sie.ag/2NUxiEV>

Lauzun, Dave (2018年6月28日)、“Designing Autonomous Vehicles for Series Production: On-demand webinar”, <https://youtu.be/fdifp6G38ak>

Goncalves, Manny (2016年11月22日)、“Deep Learning & Autonomy Will Accelerate The Birth Of A New \$1 Trillion Autonomous Mobility Services Market: KPMG Report” (プレスリリース), KPMG <http://bit.ly/2Qamj5j>

Markoff, John (2016年2月10日)、“Google Car Exposes Regulatory Divide on Computers as Drivers”, New York Times (<https://nyti.ms/1XjkX5u>)

## 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

### 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については、[www.siemens.com/plm](http://www.siemens.com/plm)をご参照ください。

## [www.siemens.com/plm](http://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、Simcenter SCADAS、Simcenter Testxpress、Simcenter Soundbrush、Simcenter Sound Camera、Simcenter Testlab 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。Simcenter 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。本書には、Mentor Graphics Corporation の私有物である情報が含まれており、この注記全体がすべての複製に記載されていることを条件として、元の受領者が社内の事業目的で文書の全体または一部を複製することができます。本書を受領することにより、受領者は、本情報の不正利用を防止するために相当の努力を払うことに同意したものとみなされます。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。

76490-A7-JA 3/19 o2e