

自動運転時代の安全性評価について

産業ビジネスユニット
オートモーティブソリューション部



平野 哲也

産業ビジネスユニット
オートモーティブソリューション部



増山 祐太

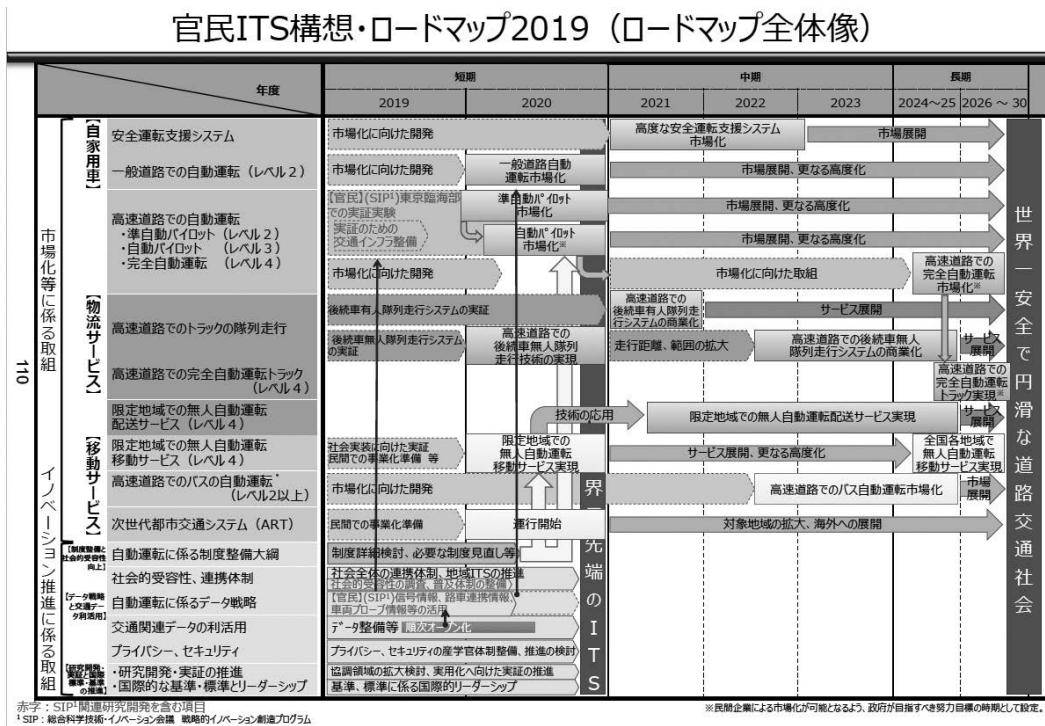
1. はじめに

現在、日本では、交通事故の削減や都市部の交通渋滞・混雑の緩和、人口減少・過疎化地域に暮らす高齢者等の移動弱者のための移動手段確保、物流需要増大によるトラック運転手不足の解消など、道路交通における様々な社会的課題を解決するために自動運転の実用化への期待が高まっている。特に、高齢化率が上昇する日本では、近年、高齢者が関わる交通事故が急増しており、今後も更に増大することが見込まれる。自動運転技術によって運転操作や安全確認を補助する、または、運転者に代わって完全自動運転で移動

サービスを提供することで、高齢者が関わる交通事故を削減し、高齢者でも安全に運転を続けられるような状況が生み出され、誰もが安全安心で快適な移動を実現することが期待されている。また、このような社会的な課題解決だけでなく、自動運転は産業の成長分野としても国際競争力の確保に期待が寄せられている。

本稿では、自動運転の実用化に向けて、早急な議論が必要とされている自動運転の安全性評価について、日本および国際的な動向と、現在、世界的な注目が集まるシナリオベースの安全性評価手法について述べる。

図1 官民ITS構想・ロードマップ2019¹⁾



赤字：SIP¹⁾関連研究開発を含む項目
¹⁾SIP：総合科学技術・イノベーション会議 戦略的イノベーション創造プログラム

※民間企業による市場化が可能となるよう、政府が目指すべき努力目標の時期として設定。

1 官民ITS構想・ロードマップ2019(首相官邸)より

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20190607/siryou9.pdf>

2. 自動運転の安全性基準・標準化 における現在の動向

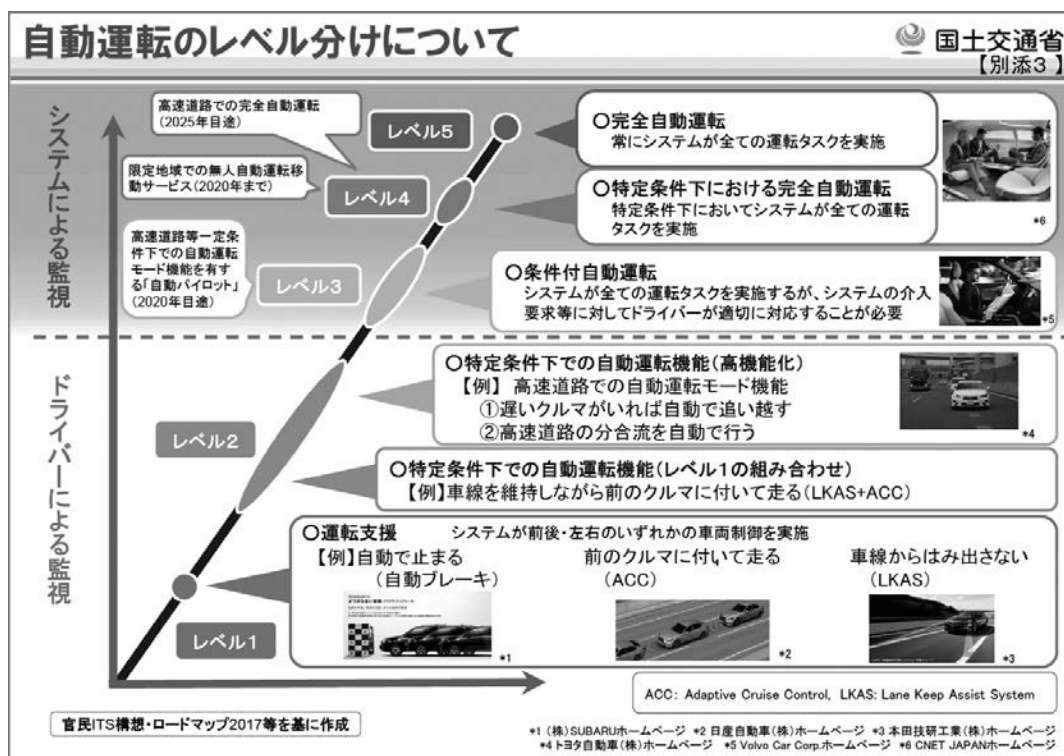
自動運転の市場化にあたっては、前頁図1に示すように政府の「官民ITS構想・ロードマップ2019」にて2020年目途にLevel3、2025年目途にLevel4の自動運転の実用化を目標としている。自動運転はLevel0からLevel5まで6段階に分けられ、Level2までは運転手に監視義務があるが、Level3以上では運転手に監視義務はない(図2参照)。Level3以上ではシステムからドライバーへの運転権限委譲までの間はシステムが安全を保証するため、公道での本格的な実用化に向けて自動運転の安全性の基準・標準化、およびその評価手法の確立が急務となっている。

自動運転の安全性基準や標準化については、世界共通の課題として議論が進められている。国連WP. 29(自動車基準調和世界フォーラム)では、自動運転に係る基準等につ

いて検討が行われ、日本は共同議長として会議を主導している。また、国際標準の議論がISOにおいて行われる中、2015年2月から日本では、経済産業省と国土交通省が協力して「自動走行ビジネス検討会」を設立し、そのワーキンググループ(WG)として、2017年7月に「安全性評価環境づくり検討WG」が発足した。

自動運転車は、人間の運転よりも安全であることが前提とされるが、自動運転車が人間のドライバーと同等、またはそれ以上であることを示すには2.4億kmの実車走行テストが必要と言われている。また、国土交通省が2018年9月に策定した「自動運転の安全技術ガイドライン」では、自動運転車が満たすべき車両安全の定義を「自動運転車の運行設計領域(ODD)³において、自動運転システムが引き起こす人身事故であって合理的に予見される防止可能な事故が生じないこと」と定め、ドライバーモニタリング機能(HMI⁴)の装備やサイバーセキュリティなど、自動運転車が満たすべき安全性の

図2 自動運転のレベル分けについて²



2 自動運転のレベル分けについて(国土交通省)より

<http://www.mlit.go.jp/common/001226541.pdf>

3 運行設計領域(ODD : Operational Design Domain)とは、自動運転システムが正常に作動する前提となる設計上の走行環境に係る特有の条件のことをいう。

ODDに含まれる走行環境条件としては、例えば次のものが挙げられる。

- ・道路条件(高速道路、一般道、車線数、車線の有無、自動運転車の専用道路等)
- ・地理条件(都市部、山間部、ジオフェンスの設定等)
- ・環境条件(天候、夜間制限等)
- ・その他の条件(速度制限、信号情報等のインフラ協調の要否、特定された経路のみに限定すること、保安要員の乗車要否等)

4 HMI : Human Machine Interfaceとは、人間と機械が情報をやり取りするための手段や、そのための装置やソフトウェアなどの総称。

自動運転車は、運転者に代わってシステムが認知、判断および操作を担うことから、システムの作動状況を運転者(または運行管理者、乗員)に知らせるためのヒューマン・マシン・インターフェース(HMI)を備えることが必要とされている。

要件を設定している。

自動運転システムの安全性評価は、これまでの人間による認知・予測・判断・操作をシステムが行うこととなるため、実車走行による評価だけでなく、シミュレーション上での走行評価を行うべきとの考え方が国際的に示されている。

3. シナリオベースの安全性評価フレームワーク

高度自動運転化により、自動運転で可能となる機能が増え多様化していく一方で、検証方法も多様化しているのにも関わらず、未だに明確な基準は設けられてはいない。そのため、より高度な自動化の性能標準化、またテストおよび実験の分野における標準化された検証方法とその手順の確立は、世界的に取り組まれている自動運転市場の課題の1つである。

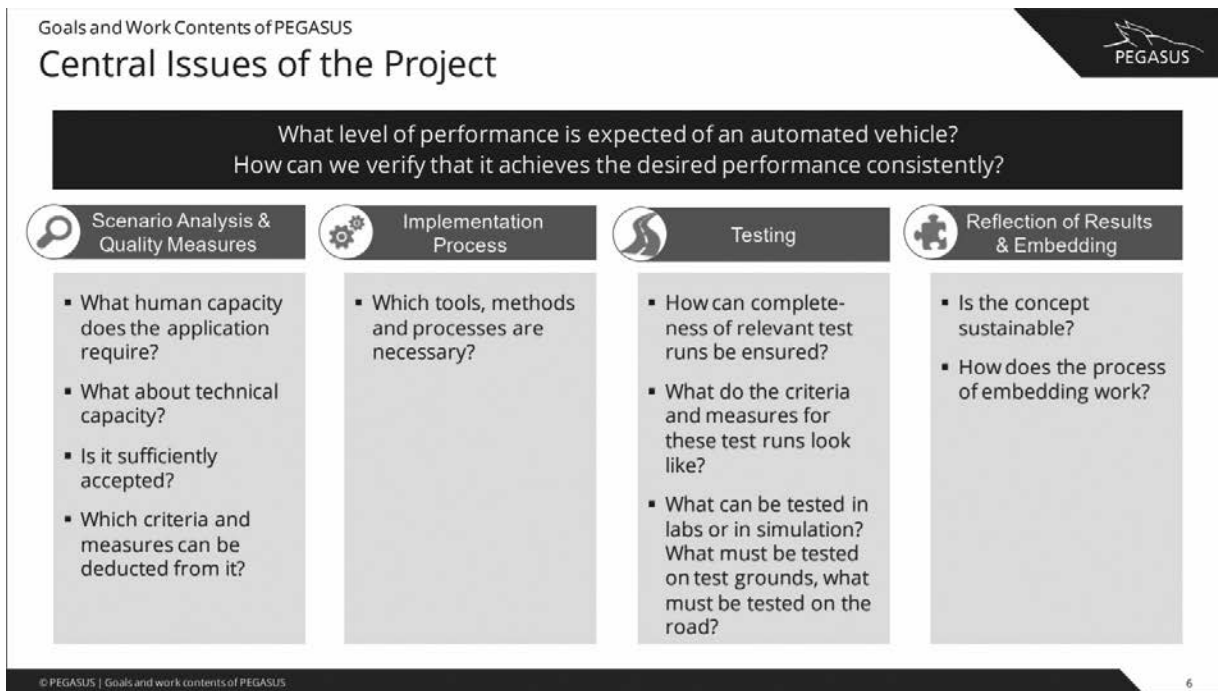
ドイツのPEGASUSプロジェクトでは、シナリオベースのアプローチで自動運転の安全性論証を行う安全性評価フレームワークを提唱している。PEGASUSとは「project for the establishment of generally accepted quality criteria, tools and methods as well as scenarios and situations for the release of highly-automated driving functions」の頭文字を取ったもので、ドイツ連邦経済エネルギー省(Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: BMWi)が主導するプロジェクトである。PEGASUSでは、自動走行シス

テムにおいて期待される性能標準や検証における評価基準の明確化を行うことを目的としている。このプロジェクトには、産官学様々な機関が参画しており、BMW社、Daimler社を筆頭とするOEM⁵と呼ばれる完成車メーカーや、Continental社やRobert Bosch GmbHのようなTier1サプライヤと呼ばれ、OEMと直接的なやり取りを実施する1次サプライヤ、また、ダルムシュタット工科大学やForschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen (FKA)などの大学や研究機関まで併せて17団体となる。PEGASUSでは 以下のような2つの目標を掲げている。

- What level of performance is expected of an automated vehicle?
(自動運転車両にはどの程度の性能が期待されるのか?)
- How can we verify that it achieves the desired performance consistently?
(要求される性能が達成していることをどのように確認するのか?)

また、図3に示すような目標に向けた具体的な4分野 (Scenario Analysis & Quality Measures, Implementation Process, Testing, Reflection of Results & Embedding) での課題を挙げている。

図3 PEGASUSプロジェクトの中心的論点⁶



5 OEM: Original Equipment Manufactureの略。OEMは他社ブランド製品の製造を指すことが多いが、自動車産業向け品質マネジメントシステムの国際標準規格であるISO16949ではOEMを自動車製造者と規定している。

6 「Research project PEGASUS EFFECTIVELY ENSURING AUTOMATED DRIVING」(PEGASUS)より https://www.pegasusprojekt.de/files/tmpl/pdf/1st_European_CCAD_Side_Event_Folien.pdf

この目標に向けた活動の成果物として、2017年11月ドイツにて行われたPEGASUSの中間報告では、次に示す4つの要素に基づく自動運転の安全性評価フレームワーク(図4参

照)が示され、また、従来のV字モデルから拡張された新たな開発プロセスが提唱された(図5-1、図5-2参照)。

図4 自動運転の安全性評価フレームワーク⁷

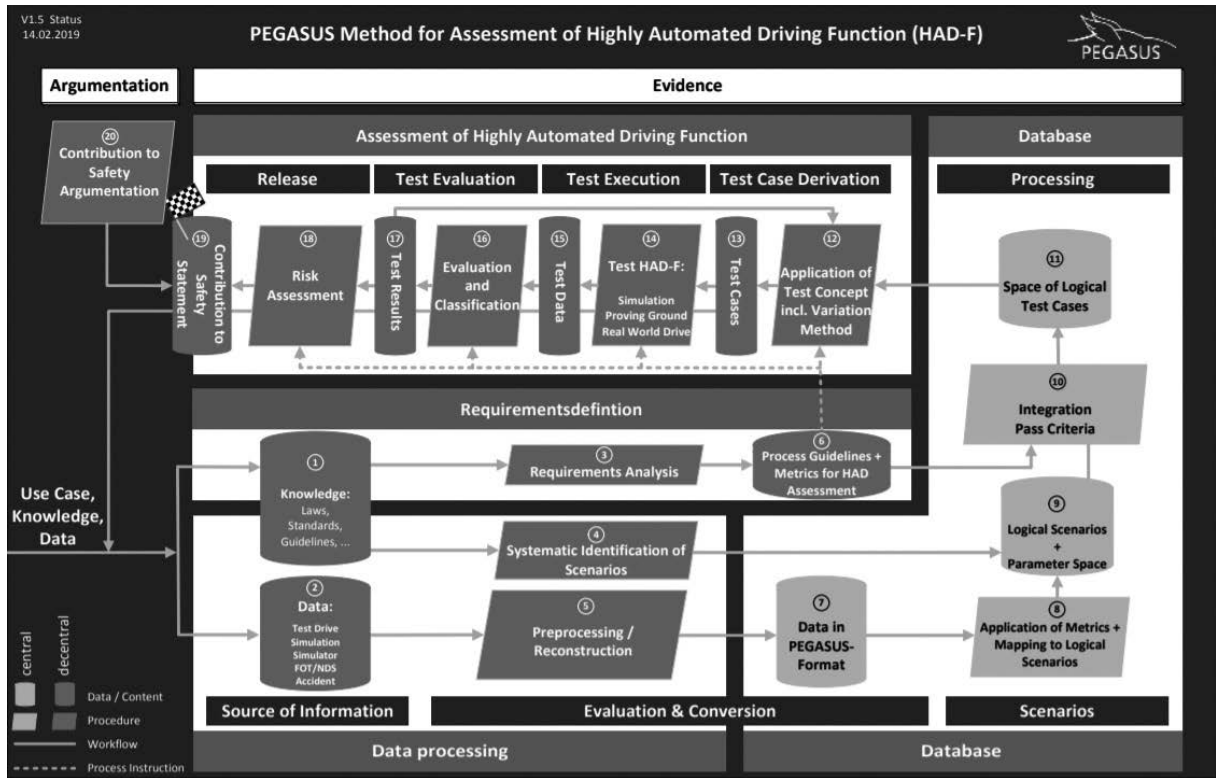
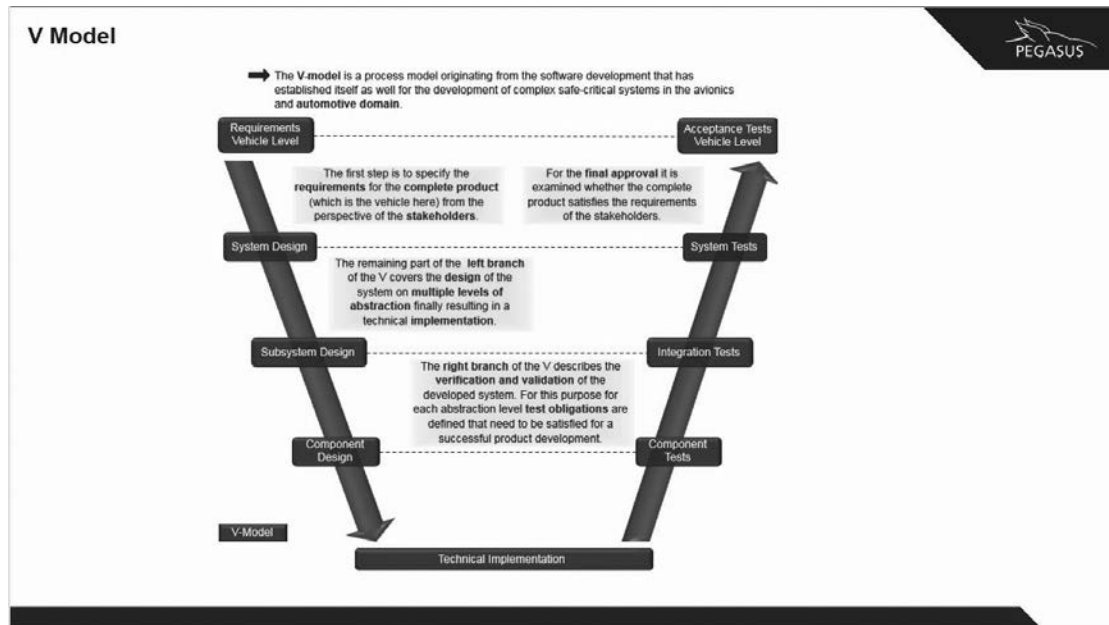


図5-1 従来のV字モデル⁸



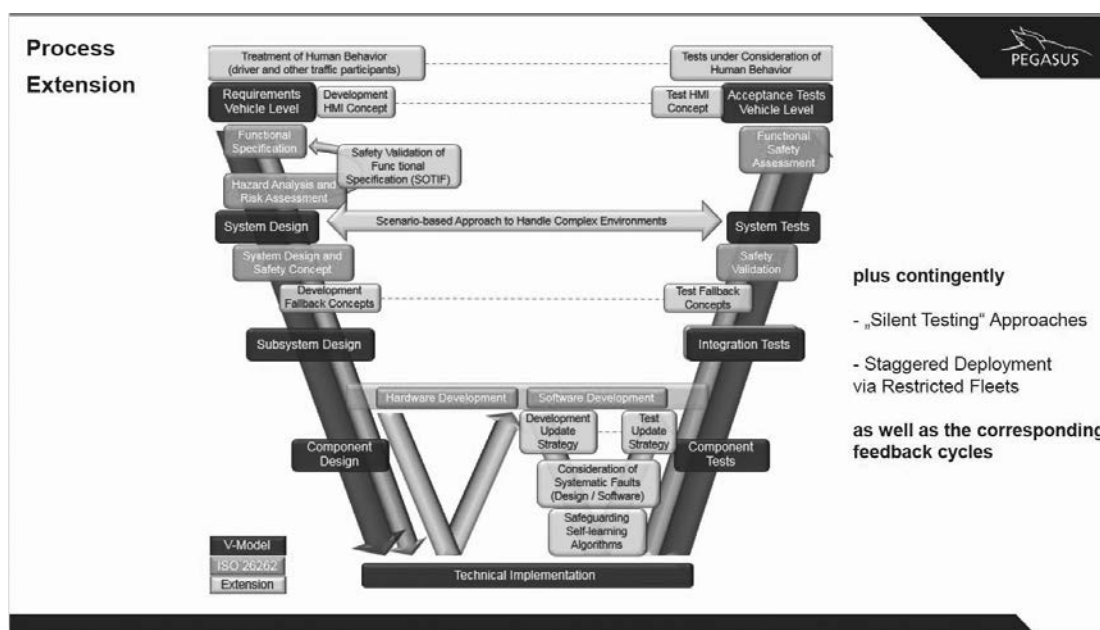
7 PEGASUS Method (PEGASUS) より

https://www.pegasusprojekt.de/files/tmpl/Pegasus-Abschlussveranstaltung/01_PEGASUS_Method.pdf

8 Automated Driving & Development Processes -A brieflookbeyond (PEGASUS) より

https://www.researchgate.net/profile/Ulrich_Eberle/publication/321036022_PEGASUS_Symposium_2017_Automated_Driving_and_Development_Processes_-_A_Brief_Look_Beyond/links/5a09c62945851545eb594c89/PEGASUS-Symposium-2017-Automated-Driving-and-Development-Processes-A-Brief-Look-Beyond.pdf

図5-2 拡張された新たな開発プロセス⁸



- Requirements Definition & Convert for Database: 自動走行車は何がどの程度できるべきか、その要件定義を行い、データ化する
- Data Processing: 実際の走行データや事故データに基づき、発生し得る走行環境/走行状況をデータ化する
- Scenario Compilation/Database: 自動走行車に求められる機能と、実際の走行環境/走行状況を統合し、シナリオを作成する
- Assessment of Highly Automated Driving Function: シナリオをもとに、シミュレーションや実走行によるテストにて安全性を評価し、それに係るリスク許容性も検討された上で、最終的に安全であるか否かを判断する (「自動走行の実現に向けた取組方針」Version2.0自動走行ビジネス検討会(経済産業省)資料を一部変更して引用)

特徴的なのが、このフレームワークでは各フェーズでデータベースと連携を図ることによって、プロセス中に発生した課題や、市場に投入された後の事故データやインシデントデータを取り込める。つまり、そのデータを循環させることにより、より高度な自動運転を可能にする構造となっている。

またこのフレームワークでは、安全評価シナリオ(一連の動作の初めから終わりまで)を定義し、Functional Scenario(環境の要素だけを羅列したもの)、Logical Scenario(環境のパラメータに範囲を与えたもの)、Concrete Scenario(具体的な値を与えたもの)の3分割で構成されている。主にConcrete Scenarioをテストに活用する形で、シナリオベースの評価・検証手法は国際的にトレンドとなっている。PEGASUSは2019年5月のSymposiumを最後にその活動を終了しているが、今後ドイツの国家主導のもと後継プロジェクトに引き継が

れることが決まっている。

日本の安全性評価環境づくり検討WGでは、2019年6月に「自動走行の実現に向けた取組報告と方針Ver3.0」の中で、PEGASUSとは連携を進める中で、安全性評価における日本のプレゼンスを高めるなど、国際協調を進めていると記されている(図6、7参照)。

また、このような国際的動向を踏まえ、日本においてはJAMA(一般社団法人日本自動車工業会)、Jaspar(Japan Automotive Software Platform and Architecture)、JARI(日本自動車研究所)にて活動を立ち上げることで基礎検討体制を築き、JAMAが横串の連携を行うことで、シナリオベースの評価手法の検証を確立するための研究・開発を実施している。具体的には、JAMAでは、作成したユースケースを活用し、暫定的なシナリオを作成。そのシナリオから複数個のシナリオを選定し、安全性評価に活用する為のテストケースを作成。また、JARIではカメラによる認識システムの開発や性能評価に必要な歩行者の映像データを共有・実用化するためのDB構築技術を確認するためにデータ収集等の活動を実施している。

4. 自動運転時代の安全性評価の今後

PEGASUSで提唱しているような交通法規と事故判例から成るKnowledgeデータと実車走行のデータを基に検証シナリオを作成し、テストケースを自動生成するシナリオベースのプラットフォームは、日本でも研究・開発が進められている。また、現実の走行映像だけでは実現が難しいシーンや十分な精度の検証が困難なケースについては、バーチャルな環境

図6 (独) PEGASUSにおける自動運転の評価プロセス⁹

<参考> X. 安全性評価①

(独) PEGASUSにおける自動運転の評価プロセス

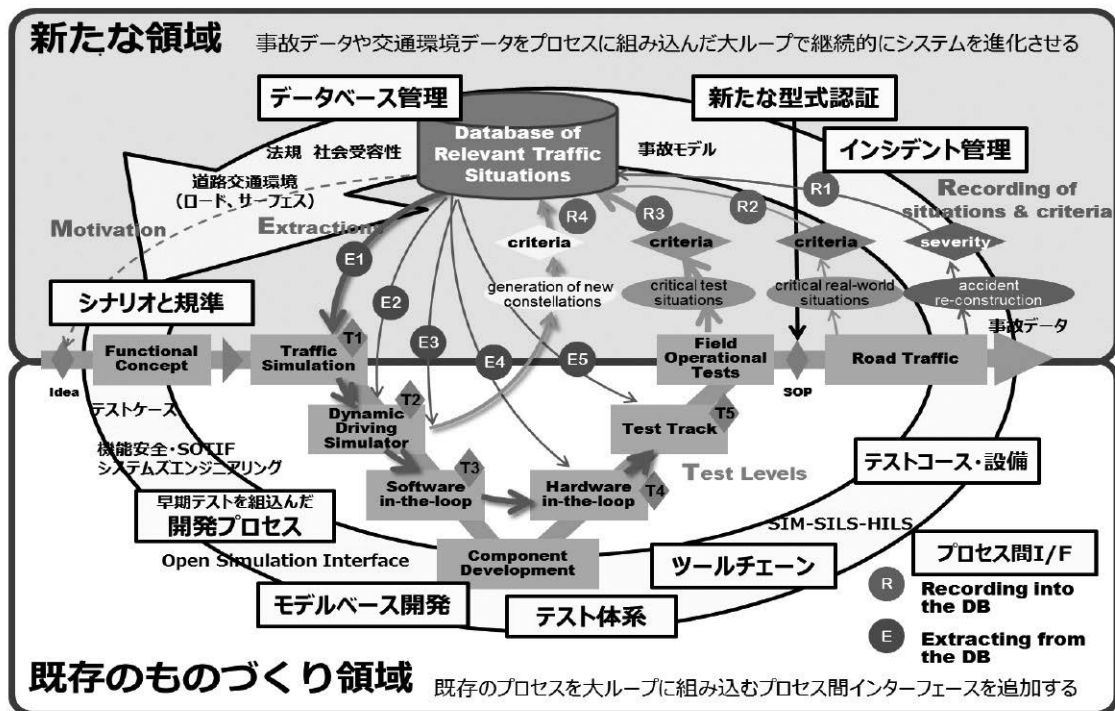
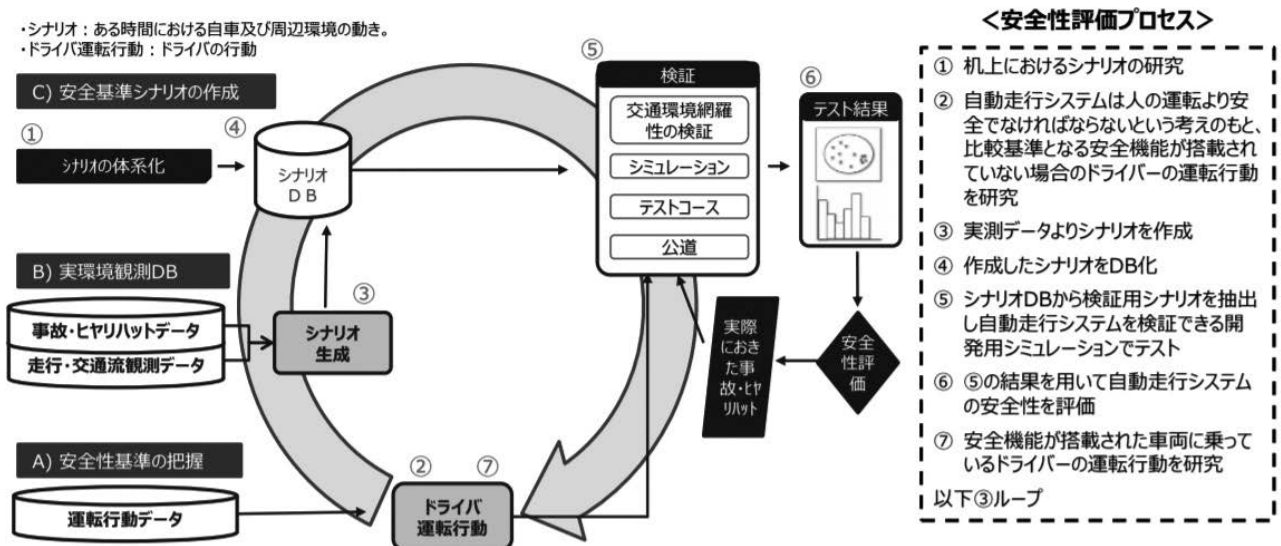


図7 安全性評価プロセス¹⁰

<参考> X. 安全性評価③

- 自動走行ビジネス検討会等において開発した技術を活用した安全性評価技術の構築
- 自動運転車の安全性評価技術の強化を図るために、自動車メーカーが協調して作成したユースケースから試行的なシナリオデータを作成することで合意。平成30度から各社連携の上、交通流観測データ等を収集・共有しシナリオデータを作成していくとともに、独PEGASUSプロジェクトをはじめ、国際的な取組と連携している。



9 自動走行ビジネス検討会「自動走行の実現に向けた取組報告と方針」Ver3.0(報告書概要)(経済産業省)より

https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/jido_soko/pdf/20190626_02.pdf

10 自動走行ビジネス検討会「自動走行の実現に向けた取組報告と方針」Ver3.0(報告書概要)(経済産業省)より

https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/jido_soko/pdf/20190626_02.pdf

を構築して実写映像の代替手段や補完手段として検証環境に取り入れる研究が進められている。一方、技術開発以外にも安全性の基準・標準化の策定や法規・認証制度への対応等、まだまだ議論すべき多くの課題が残っているが、自動運転の安全性評価はその範囲が多岐にわたるため、全てを個社だけで対応するには限界がある。今後もJAMAやJaspar、JARIといった業界団体を中心に、国や国際機関と連携しながら協調領域として議論を進めていくことが見込まれ、その中には、OEMやサプライヤと呼ばれる従来の自動車産業の企業や開発支援ツールベンダーだけでなく、これまで自動車領域に携わったことがないITベンダー等の多くのプレーヤーが参入することが見込まれる。

自動運転の安全性評価には、膨大なシナリオを用意する必要があり、それ故にシミュレーションによる自動テストが必須になるであろうことは明白であるが、その一方で、バーチャルな環境やシミュレーションによる検証だけで本当に安全性を評価できるのかという考え方もある。その意味では、従来の自動運転車両の開発から車両テストを行い、公的機関の認証を受けて市場化されるまでのライフサイクルにおいて、これまでの開発プロセスには無い、新たな評価・検証プロセスが生まれる可能性もある。例えば、従来のサプライチェーンから独立して自動運転の安全性の検証や認証を専門的に請け負う第三者機関の台頭など、将来の自動車産業の構造に変革をもたらす可能性が見込まれている。

当社は、従来のエンジニアリングサービスに加え、ITと業務を請け負う、いわゆるBPO (Business Process Outsourcing) サービスについても経験と実績がある企業である。これまで金融業界や製薬業界などの法令や社会制度に密接に関わるITシステムを多く扱ってきており、また、関連する業務

機能の一部を請け負ったりもしている。OEMやサプライヤが開発した自動運転車両について当社が第三者機関として安全性の検証・認証を担うことが出来れば、その果たす役割はとても大きいと言える。そのような安全性評価ビジネスに対しても、これまでの知見を活かして多方面からアプローチ出来るように今後もこの領域の動向に注視していく所存である。

参考文献

- 1) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議:「官民ITS構想・ロードマップ2019」(PDF)、2019年
- 2) 自動走行ビジネス検討会:「自動走行の実現に向けた取組報告と方針」Version2.0(PDF)、2018年
- 3) 自動走行ビジネス検討会:「自動走行の実現に向けた取組報告と方針」Version3.0(PDF)、2019年
- 4) 毛利宏(東京農工大学):自動車の自動運転の推進と社会的課題に関する委員会(第2回:平成30年10月29日)資料4-1-1「自動走行車両の安全性基準作成に向けた仕組みづくりについて」(PDF)、日本学術会議、2018年
- 5) 国土交通省:報道資料「自動で車線変更を行う自動ハンドル操作に関する国際基準が新たに成立!」(別紙3)「自動運転のレベル分けについて」(PDF)、2018年
- 6) PEGASUS Project:「Research project PEGASUS EFFECTIVELY ENSURING AUTOMATED DRIVING」、2019年
- 7) PEGASUS Project:「PEGASUS Method」、2019年
- 8) PEGASUS Project:「Automated Driving & Development Processes -A brieflookbeyond」、2019年