

車載コンピューティングに係る 国内外の動向等について

2023年6月8日

製造産業局

自動車産業のDX競争と車載コンピューティングに関する動向（ポイント）

- 自動車産業では、GXとDXの両面から地殻変動というべき大変革が進展中。GXでは、近年、欧州、中国、米国等でEV比率が大きく上昇し、需要の拡大、資源価格の変動により蓄電池価格は2022年に初めて上昇。
- また、自動運転やMaaS、データ活用など、DX分野の動きも近年急速に具体化・顕在化。ソフトウェア・ファーストでの開発がトレンドになる中、高性能化に加えて、蓄電池の重要性の高まりから車載コンピューティングにおける省電力化の重要性が増している。
- 一方で、我が国におけるデジタル・ソフトウェア技術の開発リソースは、欧米中の諸外国と比べ必ずしも十分ではなく、重要な開発領域をしっかりと見極めた上で、限られたリソースを最適配分するとともに、異業種やスタートアップ等の新たなプレイヤーとの国内外で連携を図っていくことも重要である。
- 以上の状況を踏まえつつ、DX分野において特に重要な自動運転開発において、競争環境を以下のように分析し、本プロジェクトでの支援を含め、開発力強化と社会実装をいち早く進めていくための取組を進めている。
 - 自動運転ソフトウェア：大手OEMが自社開発で自社車両を活かした市場獲得を進める一方、ソフトウェア開発に強みを持つ新興OEM・スタートアップはプラットフォーム化による市場獲得を狙う。ソフトウェア開発・高度化のためには、学習のための膨大な走行データが必要。オープンソース化を通じた様々なプレイヤーとの連携により、自社ソフトウェアの搭載拡大と効率的なデータ収集を図る開発を本プロジェクトにおいて支援。
 - センサー（カメラ、レーダー、ライダー）：各センサーの認識性能の向上に加え、使用するセンサーの組み合わせやデータ処理アルゴリズムによって認識精度や電力負荷に大きな違いを生むセンサーフュージョンが重要。国内外のプレイヤーが異なるフュージョンパターンを採用する中で、高精度かつ低電力負荷を実現できる手法として信号処理を行う前のセンサーの情報を融合するアーリーフュージョンに着目した開発を本プロジェクトにおいて支援。
 - シミュレーションモデル：開発コストやリードタイムの改善のため、実機を用いない高精度のシミュレーションモデルの構築による効率的な開発・安全性評価環境の整備が重要。経産省の他のプロジェクトとも連携しながら、シミュレーションモデルに必要なシナリオデータベース、車両モデル、センサーモデル等について、モデル精度の向上とモデル構築の効率化、ユーザーの使い勝手の向上に向けたモデル間のインターフェースの標準化に向けた開発を本プロジェクトにおいて支援。

1. 自動車産業におけるDX競争

2. 自動運転開発の競争環境

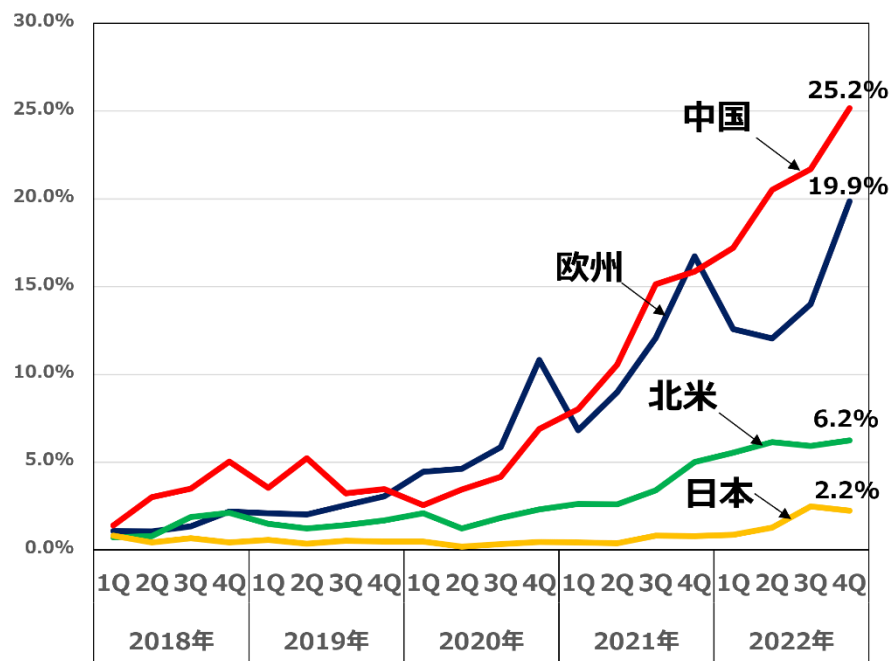
3. 社会実装に向けた取組

- － 1. 自動運転サービスの実装
- － 2. 国際標準化

グリーン化の推進

- 2022年の世界販売台数約7,870万台のうち、EVが約10%（約774万台）を占め、グリーン化が進展。特に欧州・中国におけるEVの販売台数は急速に上昇。
- 蓄電池価格は、リチウム等の資源価格変動を受け、2010年以降毎年下落していたが22年に初めて上昇。

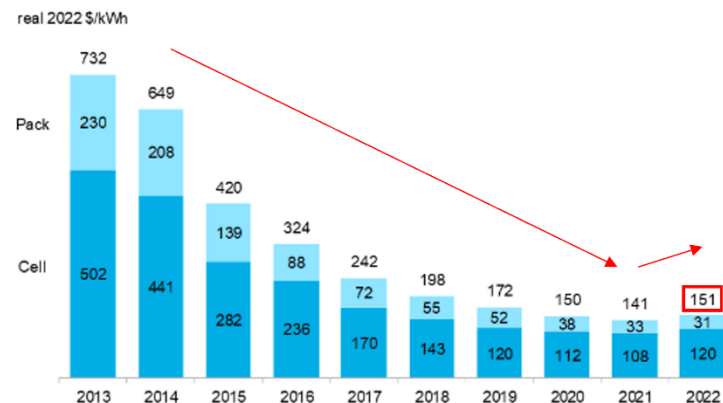
○主要国・地域における電気自動車の販売比率の推移



※ 北米は米国、カナダ、欧州はEU14カ国（ベルギー、ドイツ、フランス、イタリア、ルクセンブルク、オランダ、デンマーク、アイルランド、ギリシャ、スペイン、ポルトガル、オーストリア、フィンランド、スウェーデン）、ノルウェー、スイス、英国の計17カ国、米国はSUVを小型トラックで算出しているため、乗用車+小型トラックの数値。

○蓄電池の加重平均価格推移

Figure 1: Volume-weighted average lithium-ion battery pack and cell price split, 2013-2022



Source: BloombergNEF. All values in real 2022 dollars. Weighted average survey value includes 178 data points from passenger cars, buses, commercial vehicles and stationary storage.

（出典）BloombergNEF

デジタル化の推進

- 自動車分野では、DXの競争が進展。この競争に勝ち抜くためには、
 - ① 「クルマそのもののソフトウェア・デジタル化」の加速
 - ② クルマの使い方の変化、社会課題に対応する「新しい移動・物流サービスモデルを構築」
 - ③ これらの実現に不可欠な交通・通信インフラ、法令整備を含めた「社会インフラの作り替え」を官民連携して、一体的に進めていく必要。

クルマそのもののソフトウェア化

- AD/ADAS技術の高度化
- 車両設計（アーキテクチャ）の変革とビークルOSの搭載
- OTA機能を通じた継続的なソフトウェアアップデート



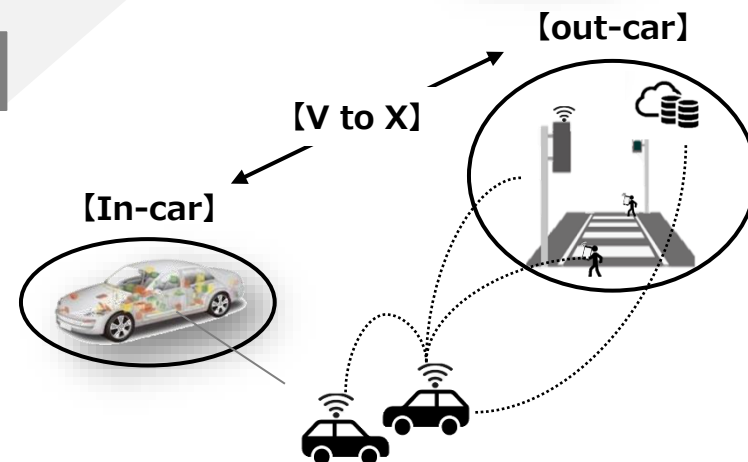
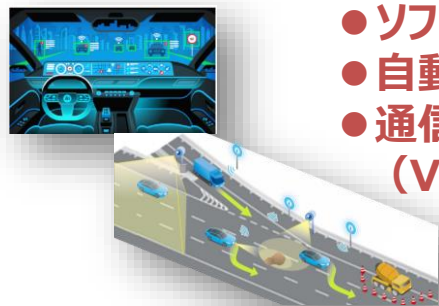
自動運転移動・物流サービスモデルの構築

- 地域の足確保、労働力不足等の社会課題に対応するサービスモデルが必要
- 実証事業等を通じて各地に実例づくり（2025年までに自動運転サービスを50カ所で実現）



社会インフラ・環境の整備

- ソフトウェア人材の育成支援
- 自動運転の安全性評価手法の構築
- 通信環境や交通インフラ等の環境整備（VtoX周波数帯の確保 等）



クルマそのもののソフトウェア化における開発動向

- 自動運転開発は、クルマのソフトウェア開発と一体で実施。AD／ADAS機能の高度化、OTA※機能の搭載、ビークルOSの開発、アーキテクチャの変化といった要素を競争軸に、各社、開発を加速化。

【AD／ADAS機能の高度化】

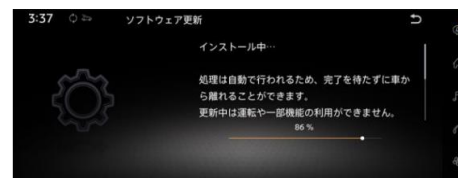
- 高速道路で使用可能な機能から開発が進む。
- ホンダは、世界初となるレベル3対応車両「レジェンド」を、21年3月に販売。



レジェンド

【OTA※機能の搭載】

- 無線で自動でソフトウェア更新を行うOTA機能の搭載が進む。
- 日産アリア、トヨタMIRAI等ではOTA機能を搭載開始。



ソフトウェア更新画面

【ビークルOSの開発】

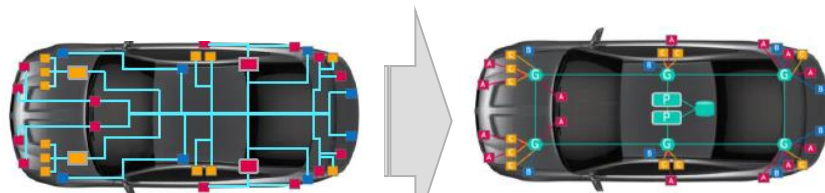
- 車種や機能ごとに分かれていたソフトウェアが、共通化（ビークルOSの搭載）していく。
- トヨタは、「アリーンOS」を開発中。



アリーンOS

【アーキテクチャの変化】

- アーキテクチャ（車の構造）も、ECUの統合が進み、中央制御が可能なゾーン型へと変化。



従来型
(ECUが機能ごとに存在)

ゾーン型
(統合が進み中央制御可能に)

1. 自動車産業におけるDX競争

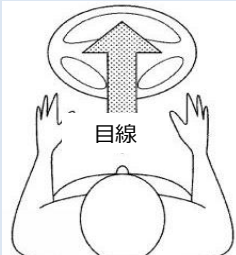
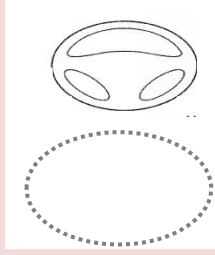
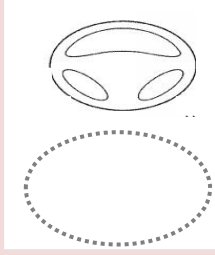
2. 自動運転開発の競争環境

3. 社会実装に向けた取組

- － 1. 自動運転サービスの実装
- － 2. 国際標準化

自動運転レベルの定義

- 自動運転レベルは、限定された走行環境でアクセル・ブレーキ又はハンドル操作をシステムが代替するレベル 1から、全ての走行環境でアクセル・ブレーキ及びハンドル操作をシステムが代替するレベル 5まで、計 5 段階。

自動運転レベル						
レベル 1	レベル 2	(レベル 2 +)	レベル 3	レベル 4	レベル 5	
限定あり (道路区間、交通状況、自車速度、気象環境等が一定の条件を満たす区間のみ走行可)				限定なし (全ての区間で走行可)		
アクセル・ブレーキ 又は ハンドル操作	アクセル・ブレーキ 及び ハンドル操作					
+			+	+		
ハンズオフ			ハンズオフ アイズオフ	ドライバー不要		
						
目線			目線			
運転主体：ドライバー			運転主体：システム			
搭載車多数			 トヨタ「MIRAI」 等	 ホンダ「LEGEND」 等	 GMcruise「VOLT」 等	

(出典) 各社ホームページ等を基に、経済産業省作成

自動運転の仕組み

- 自動運転は、これまでドライバーが行っていた認知・判断・制御を機械・システムが代替することによって、実現。
- 必要な機械・システムは、ソフトウェア・ハードウェアの多岐に渡る。個々の技術レベルやその組み合わせ方によって、実現出来る自動運転レベルや対応可能な走行環境が異なってくる。

【認知】

<自己位置・道路環境把握、物体検知 等>

目



【判断】

<走行経路、運転操作の決定 等>

脳



【制御】

<ステアリング、加減速、停止 等>

手足



運転免許制度

- ・ 高精度三次元地図
- ・ カメラ
- ・ レーザー
- ・ ライダー 等



- ・ ソフトウェア



- ・ SoC
- ・ 各ECU 等



シミュレーションモデル
(効率的な開発・安全性評価環境)

ドライバー

(担当)

(機能担保)

自動運転

(担当)

(機能担保)

自動運転開発の競争環境

- 自動運転開発に必要な主要要素について、競争環境を整理。本プロジェクトに関する自動運転ソフトウェア・センサー・シミュレーションモデルについて、次頁以降で深堀。

		役割	主なプレイヤー	競争のポイント
自動運転開発に必要な主要要素	高精度地図	- センサーの測定範囲外の車線などを把握でき、滑らかなステアリングが可能。 - 更に、天候に左右されない安全な走行が可能。	DMPやTomTom等、国内外の少数の地図メーカーが鎬を削る一方、走行データを取得しやすいMobileye等のセンサーメーカーの参入も進む。	一般道への地図拡張に向けて、プローブデータの活用含め、必要なデータを、どれだけ効率的に低コストで収集できるか。
	センサー	イメージセンサー（カメラ）	On Semi、Omni Visionが市場のシェアを獲得している一方、ソニーセミコンダクタソリューションズのシェアも拡大。	カメラ・レーダー・ライダーの搭載数や組み合わせは各社によって異なるが、車両の安全性に関わる部分であり、各デバイスの認識情報の性能向上がまず重要。
		レーダー	- Boschをはじめ、Continental、デンソー等が主要メーカー。 - 今後も市場規模は拡大の見込み。	その上で、各デバイスが取得する認識情報のデータ処理方式（センサーフュージョン）によって、ソフトウェアに伝達する情報精度や電力消費量が異なるため、最適なセンサーフュージョン技術を実現できるか。
		ライダー	ベロダインをはじめとする大手サプライヤーに加え、ルミナー等のスタートアップも参入し、開発競争が激化。	
	自動運転ソフトウェア	ステアリング、加減速等を制御する上で必要な走行経路、運転操作の決定等を、センサーの情報を用いて判断。	既存OEMが独自開発を進める一方、新興OEMやオープンソース化で開発効率化を図るアプローチも存在。	- 開発に必要な走行データをどれだけ多く収集できるか。 - 情報処理量が増加する中で、電力消費を如何に下げられるか。
	SoC	- 複数の半導体チップを統合することで、さまざまな機能を発揮。 - 自動運転システムにてステアリング、加減速等を制御。	要求性能が高度化していく中で、高度な設計能力を有するNVIDIAやQualcomm等の一部のSoCサプライヤーによる寡占が進む。	- SoCサプライヤーによるロックインを防ぐため、国内での設計能力確保が必要。 - 仕様の標準化等により、開発リソースの集約や投資判断を促すことができるか。
	シミュレーションモデル	- デジタルツインにより実機の工程を減らし、開発や安全性評価を効率化。 - シミュレーション空間で取得したデータも開発データとして活用。	SIEMENS等、欧州のITベンダーが個別にサービスを提供。	OEMやサプライヤーが自社で保有する環境よりも高精度な環境を提供できるか。

(参考) 今後の市場規模見通し

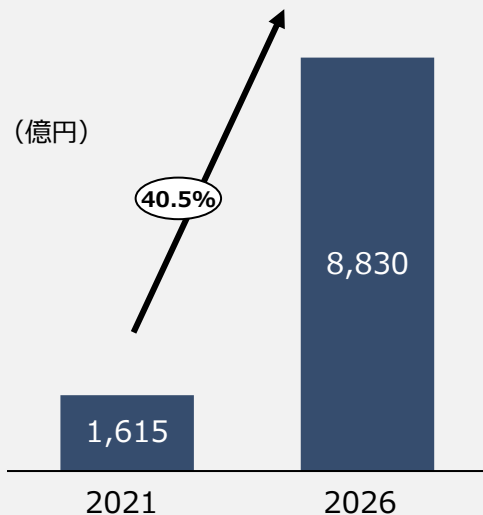
自動運転ソフトウェア

【対象範囲】

- 自動運転SWの定義は、レベル3～5の自動運転車向け製品（自動運転の定義はSAEに基づく）

【市場拡大の要因】

- 自動運転車の販売台数の増加
 - 現状ほとんど導入されていないレベル3を中心として、自動運転機能を搭載した車両の販売数が増加
- 自動運転レベルの向上
 - 開発規模の増加に伴い、OEM各社においてSW調達需要が増加
 - HDマップの採用など、高度化を支える技術の台頭



CAGRと成長差分の金額から2021年と2026年の市場規模を計算。
1USD = 130円にて円換算。

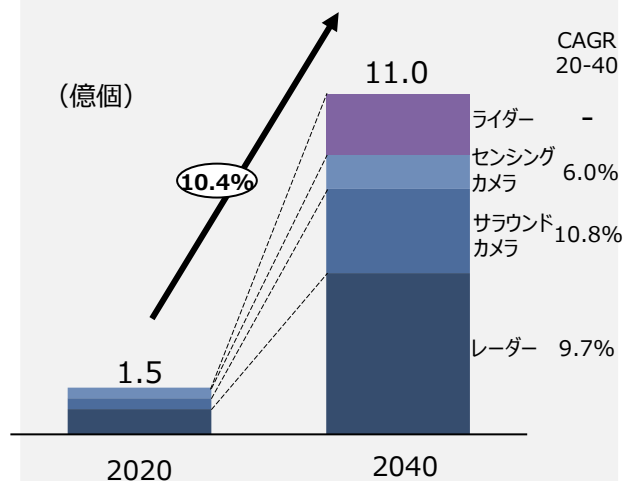
センサー

【対象範囲】

- 自動運転レベル3以上への搭載が見込まれるセンサー（カメラ、ライダー、レーダー）

【市場拡大の要因】

- 自動運転車の販売台数の増加
 - 現状ほとんど導入されていないレベル3を中心とした車両の販売台数の増加に伴いセンサーの販売数が増加
- 自動運転レベルの向上
 - 自動運転の高度化に伴いセンサーの搭載数が増加し、市場が大きく成長し、販売数が増加



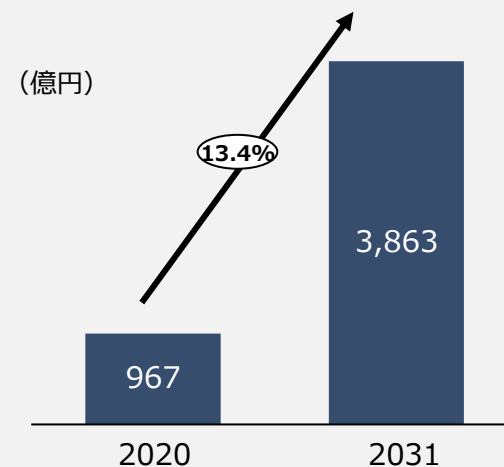
開発シミュレーション

【対象範囲】

- 自動運転レベルはレベル2からレベル5まで（自動運転の定義はSAEに基づく）
- 主にOEMやTier1, Tier2のサプライヤで使われる、シナリオ生成を中心としたツールが対象

【市場拡大の要因】

- 高度な安全機能を有した自動運転車の販売増
 - アダプティブクルーズコントロール、トラフィックジャムアシストなどの機能を搭載した車両が増加
- 自動運転車のバーチャルテストの需要増加
 - 自動運転レベルの高度化に伴い、検証ケース数が増加するため、バーチャルテストの導入が不可欠



2020年と2031年の市場規模からCAGRを計算。
1USD = 130円にて円換算

自動運転ソフトウェア開発の競争環境

- 大手OEMは、自社開発で自社車両を活かした市場獲得を進める一方、ソフトウェア開発に強みを持つ新興OEM・スタートアップは、ハードウェアを中堅OEM等と提携し、プラットフォーム化による市場獲得を狙う。
- ソフトウェアの開発・高度化のためには、学習のための膨大な走行データが必要。本プロジェクトにおいては、オープンソース化により、搭載車両の拡大と効率的なデータ収集を図るアプローチを支援することで、既存アセットを持たない中でも、ソフトウェア開発の強みを最大限に活かし、既存OEMへの対抗を図る。

プレイヤー

自動運転ソフトウェア開発の方向性

既存 OEM	大手 OEM	VW、GM、BMW Mercedes、 Toyota 等	- ソフトウェア開発に強みを持つ企業との連携や自社内でのソフトウェア開発力強化により、コア技術として、ソフトウェアの自社開発を進める - ロボットタクシー実証等を通じて、走行距離を稼ぎ、多量の走行データを収集	
	中堅 OEM	Volvo、Geely 等	ソフトウェアベンダーとの協業・車両提供による開発	
新興 OEM ・ スタート アップ等	新興 OEM	Tesla	- ソフトウェア開発に強みを持つ企業が新興OEMとして参入、ソフトウェアと車両を自社開発し、独自で技術確立を目指す - ユーザーの多量の走行データを収集して、開発に利用	
	ソフト ウェア ベンダー	Waymo、 Baidu、 TIER IV 等	- ソフトウェア開発に強みを持ち、ソフトウェアをプラットフォームとして、自社開発を行わない既存OEMや車両オペレーターに提供 - ロボットタクシー実証等を通じて、走行距離を稼ぎ、多量の走行データを収集	 

GM Cruise volt

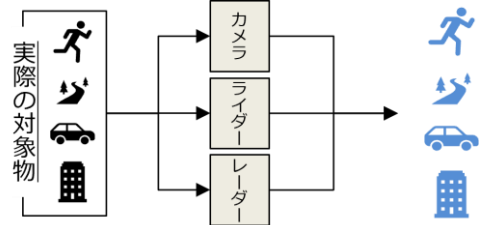
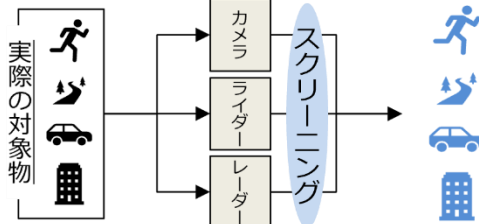
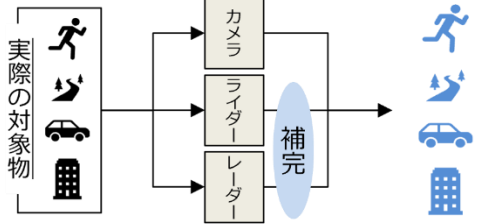
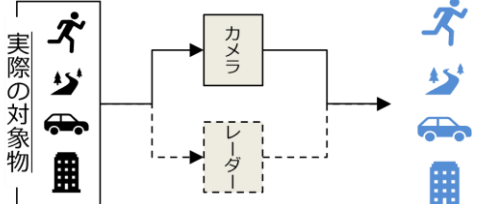
Tesla model3

Waymo one

Baidu apollo

センサー開発の競争環境

- 各センサーの認識性能向上に向け、各企業が技術開発を推進。必要なコア技術は政府の開発支援も検討。
- センサーフュージョンについては、使用するセンサーの組み合わせやデータ処理アルゴリズムによって、認識精度や電力負荷に大きな違いが出る。国内外のプレイヤーが異なるフュージョンパターンを採用する中、本プロジェクトにおいては、アーリーフュージョンに着目し、最も高精度かつ低電力負荷なフュージョン手法の開発を図る。

フュージョンパターン例とイメージ	利点と課題	主なプレイヤー
フュージョンパターン① 検知されるデータをそのまま融合し、対象物を認知する 	利点：漏れなく、すべてのデータを収集し、処理することで、理論上高精度な認識を実現しうる。 課題：高精度な認識を実現するための画像処理アルゴリズムが膨大かつ複雑化。	- ソニーセミコンダクタソリューションズ - Continental - Waymo - Baidu 等
フュージョンパターン② - 検知されるデータをスクリーニングしたうえ融合し、対象物を認知する - 例えば、動的情報や信号、標識等のみを抽出する等 	利点：処理アルゴリズムが比較的シンプル。高精度マップやGPS情報等により補完することで認識しなければならない対象を限定できる。 課題：データ抽出アルゴリズムが正確性を確保する必要がある。スクリーニングにエラーが発生すると認知誤差が大きくなる。	Bosch 等
フュージョンパターン③ - カメラの情報を対象物認識のベースとしつつ、LiDAR、レーダーにより座標を特定 2Dデータ（カメラ）に3D情報（LiDAR等）を補足 	利点：処理アルゴリズムが比較的シンプル。 課題：カメラ情報を優先しているので、実際にはGPUによる認識結果に依存する。	Mobileye 等
フュージョンパターン④ カメラの情報で対象物を認知する 	利点：処理アルゴリズムがシンプル。 課題：カメラ情報で認知するため、GPUによる認識結果に依存する	- Tesla 等 ※ レーダー搭載見込み

シミュレーションモデル開発の競争環境

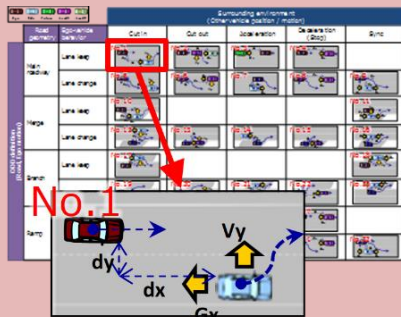
- 自動運転車両開発において、従来の実機を用いた「すり合わせ型開発」では、開発期間が長期化し、開発コストも上昇。高精度のシミュレーションモデルの構築による、効率的な開発・安全性評価環境の整備が重要。
- 本プロジェクトにおいては、シミュレーションモデルに必要なシナリオデータベース、車両モデル、センサーモデル等について、経産省の他のプロジェクトとも連携しながら、モデル精度の向上とモデル構築の効率化、モデル間のインターフェースの標準化等を進め、OEM・サプライヤー等に使い勝手のよいモデル提供環境の構築を図る。

効率的な開発・安全性評価プロセス

シミュレーションモデル

【シナリオデータベース】

- ・ 道路形状、自車・他車の振る舞い等から、必要十分なシナリオを生成
- ・ 各シナリオについて、実交通流データに基づいて、自車速度、他車速度、車間距離、横速度等のパラメータ範囲を設定



シミュレーション上の走行データを学習データとしても活用

【環境再現】

<車両モデル>

- ・ タイヤ特性、前後・左右・上下運動等の動作性能を再現
- ・ 実機を減らし開発効率化



<センサーモデル>

- ・ 実現象と一致性の高い環境再現
- ・ 濃霧や逆光等、実環境では起きにくい事象も再現可



実環境

- ・ テストコース等の実環境において、実車で走行



1. 自動車産業におけるDX競争

2. 自動運転開発の競争環境

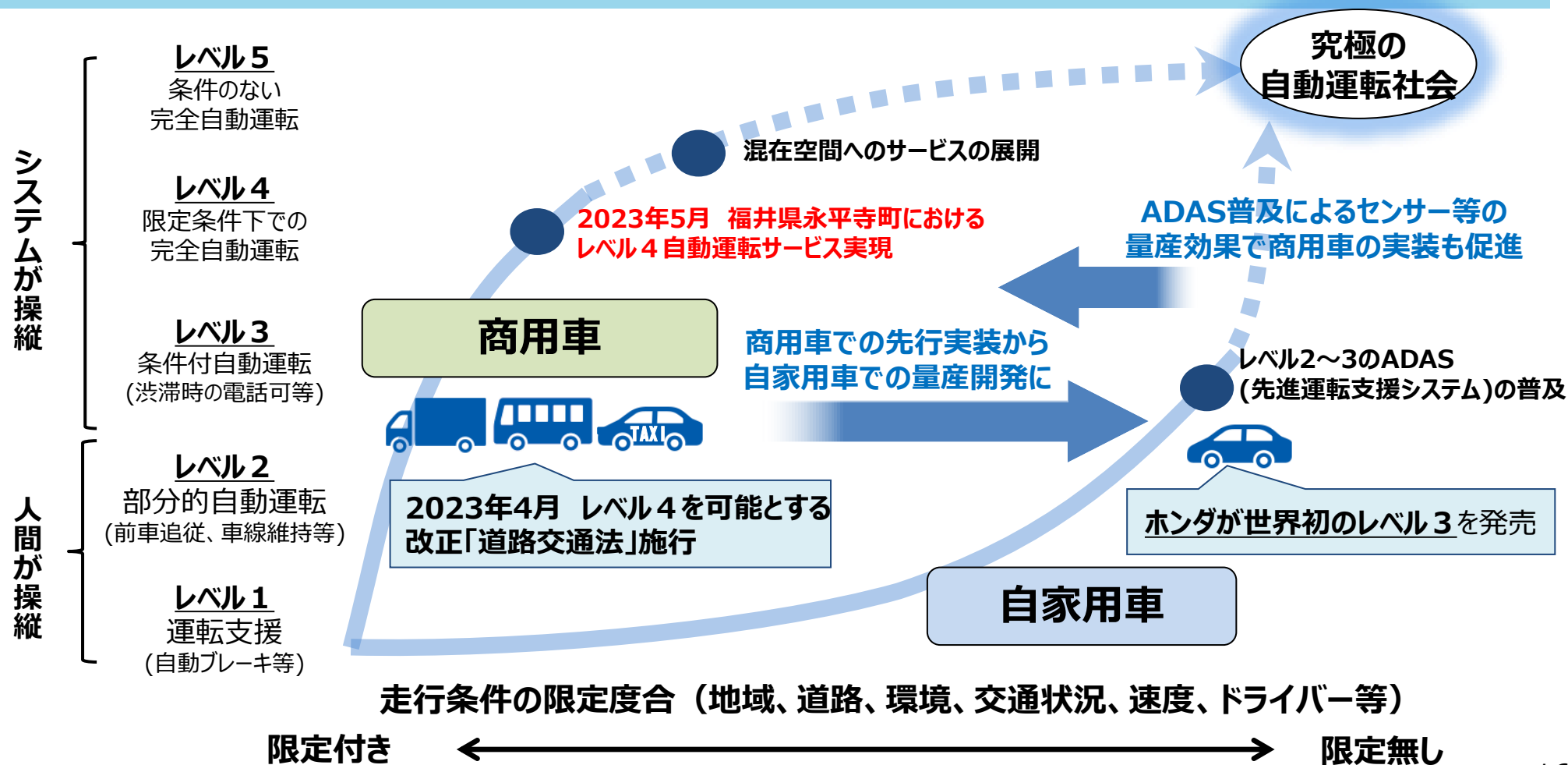
3. 社会実装に向けた取組

－ 1. 自動運転サービスの実装

－ 2. 国際標準化

自動運転の社会実装に向けた取組

- 完全自動運転（レベル5）までには、様々な課題が存在することから、走行条件の絞り込みが容易な**商用車から、レベル4を先行実装**するべく、「**RoAD to the L4プロジェクト**」を推進し、永平寺町、日立市、柏市、新東名での実証事業を実施。
- **2025年目途に無人自動運転サービスを50カ所程度で実現、高速道路でのレベル4トラックの実用化**などを目指し、さらに**歩行者や他車両と混在する空間へのサービスの拡張**を図る。



1. 自動車産業におけるDX競争

2. 自動運転開発の競争環境

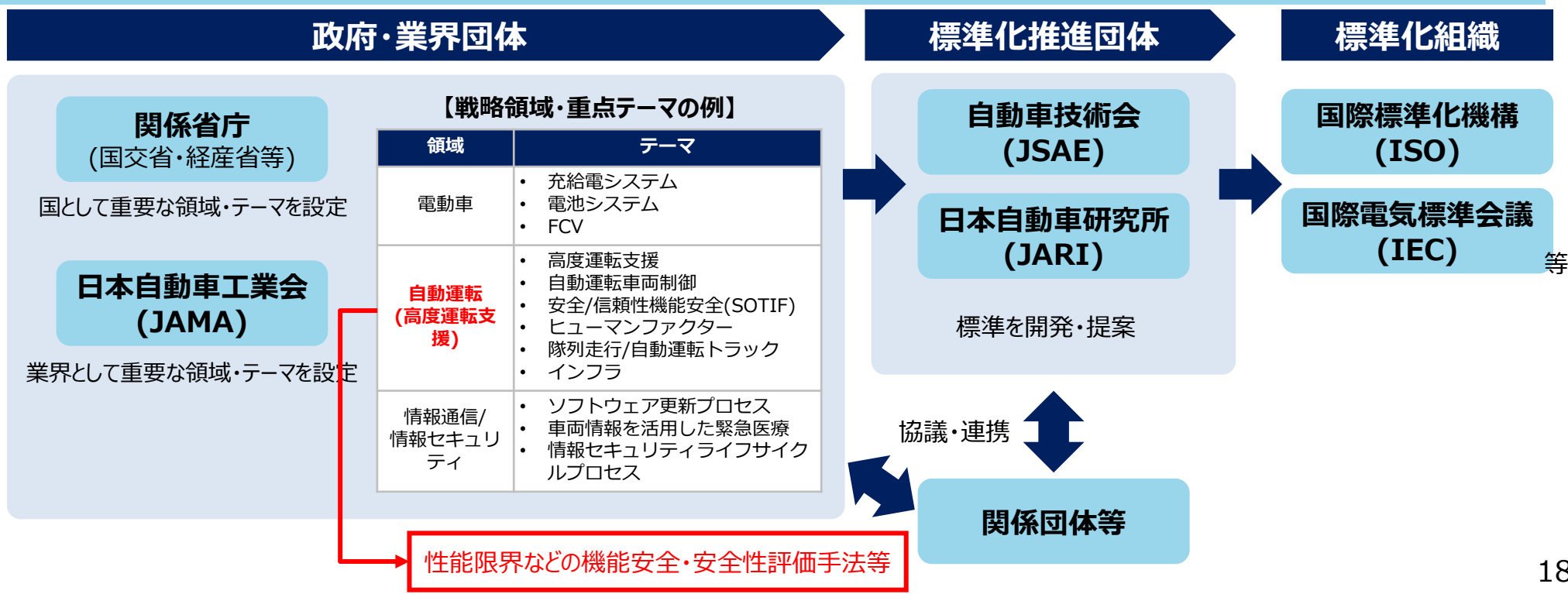
3. 社会実装に向けた取組

－ 1. 自動運転サービスの実装

－ 2. 国際標準化

自動車分野における国際標準化に係る取組

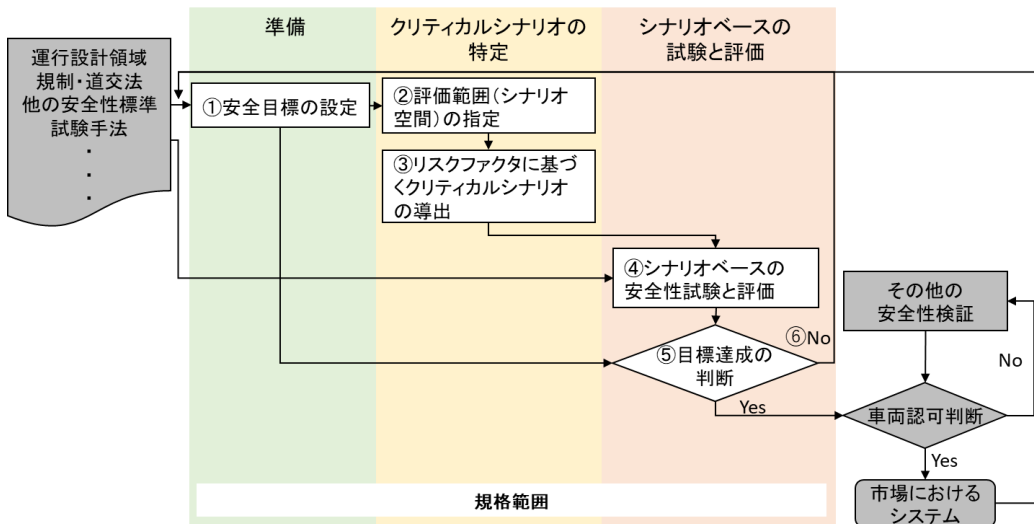
- 自動車分野の標準化では、政府の政策の方向性を踏まえて、業界団体が標準化戦略の検討及び重点テーマを設定し、標準化推進団体が標準化組織(ISO/IEC等)の議論に参画・提案していく体制を構築。経産省としても、業界団体と連携しつつ、標準化活動を支援。
- 例えば、自動運転システムが車両の操作を行うことに対応した新たな安全性評価手法について、2022年11月にISO 34502として発行。本プロジェクトにおけるシミュレーションモデルの開発を行うことで、ISO 34502に示された車両外乱の精緻なシミュレーションが可能。
- 引き続き、今回のGI基金事業で得られた成果についても、確実に市場獲得につながるよう、研究開発とあわせ、官民連携して戦略的に国際標準化等を展開していく。



<参考> ISO34502について

- 自動運転車両の安全性の検証にあたっては、交通参加者の速度や距離などの検証範囲をどこまで定めるかや、評価するシナリオに過不足がないかという点などが課題。
- 本標準は、自動運転システムの安全性を評価する手順や、クリティカルシナリオ（自車にとって危険と認知した場合に即座に安全行動を行う必要がある事象）の導出手法等から構成する「シナリオベースアプローチ」を提案、安全性保証にとって必要十分なシナリオを漏れなく導出することが可能に。
- これにより、自動運転車の安全性及び開発効率の向上に加え、安全性の要件を明確化することで、社会受容性の向上にも期待。

<安全性評価の全体的な流れ>



<シナリオの体系化>

