

調査報告書

令和5年度

「無人自動運転等のCASE対応に向けた実証・支援事業
（デジタル・自動走行分野の国際競争力強化のための
産学官の協調領域の深化・拡大等に向けた調査検討）」

NOMURA RESEARCH INSTITUTE CONSULTING AND SOLUTIONS
INDIA PRIVATE LIMITED

7th Floor, Tower A, Building No.5, DLF Cyber City,
Phase III, Gurgaon, Haryana 122 002 India

2024/03/29



1. SDV・データ連携WGに関連する調査結果

1-1. SDV各国の政策動向

1-2. SDV技術的分析

1-3. OEM分析

1-4. 各技術要素の分析

1-5. API

1-6. セキュリティ

1-7. サービス分析

1-8. 実装動向

欧州では、DG CONNECTが主催した「Sherpa Governance Group」において、SDVに関する「コンセプトペーパー」を策定。現状と課題の分析に対し、プラットフォームの立ち上げと今後の取組方針を定める

Concept paper on an open European software-defined vehicle platform for the vehicle of the future

概要

- DG CONNECTが主催した「Sherpa Governance Group」に基づき、新たなコンセンサスを強化するために議論が必要な分野を述べたコンセプト・ペーパー
- 「Sherpa Governance Group」とは欧州を拠点とする自動車OEMの代表者で構成されており、SDVイニシアチブの初期ガバナンスグループとして機能することが目的
- 主な参加者
 - OEM：BMW、Mercedes、Renault、Stellantis、Volkswagen、Volvo、Iveco、Piaggio
 - サプライヤー：AVL、Bosch/Etas、Continental、Forvia、Marelli、TTTech、Valeo、ZF

内容

現状と主要課題

消費者視点：自動車がコネクテッド・コンシューマー・デバイスのように動作することを期待しており、新しいインフォテインメントやADAS/AD機能を早急に構築する必要がある

技術面視点：E/Eアーキテクチャの進化によりソフトウェア機能の構築と統合の在り方が問われている。HWとSWの分離が必要となることやOTAを可能にすることが特定の課題。SWに関しては、業界で統一された実装が無いことが効率性の低下に繋がっている

欧州ソフトウェア・プラットフォームの実現

1. 標準化されたソフトウェアの開発
標準化されたAPIを備えた、オープン・インターフェイスを持つ車両とクラウドベースのソリューションをカバーするもの。また、最先端のCI/CDツールチェーンに適合する開発・検証ツール必要となる
2. オープンなエコシステム開発
ソフトウェアの標準を定義し、オープンソースライセンスで公開されるソフトウェアに実装すること。共通プラットフォームにはオペレーティング・システム、ミドルウェア、HW抽象化レイヤー、オープン・インターフェイス等が含まれる

今後のステップ

SDVプラットフォームの立ち上げと開発者のエコシステムの構築

ドイツでは、「Software-Defined Car」コンソーシアムを立ち上げ、政府機関がSDVの開発を主導。クラウドとデジタルツインの研究を取組の中核としている

- 以下の2つの取組は、ドイツ政府がクラウドとデジタルツインに関連する研究への資金提供に焦点を当て、同時にSDVの開発には協力が必要であることを強調している

各取組の共通点

1. 2つの異なる政府機関が同じ目標に向けて自律運転車(SDV)に対する独自のアプローチを取っている
2. 両方の取組は、政府からの資金提供を受けた取組である
3. また、両方の取組は、クラウドとデジタルツインの使用に関する問題を解決するための研究である

「Software-Defined Car」(SofDCar) コンソーシアム

資金調達：経済・気候変動対策省

背景

研究における協力のためのコンソーシアム

- 政府からの4,300万ユーロの資金援助を受けて、以下を含む13自動車関連会社、大学、研究所のコンソーシアムが研究を実施

BOSCH Mercedes-Benz University of Stuttgart FKFS

課題

新しいアーキテクチャの技術とセキュリティの問題

- E/Eアーキテクチャのデジタル化により、自動車業界のソフトウェアが複雑化
- ドイツの自動車産業において、ソフトウェアとサービスのセキュリティは重要であり、新しいアーキテクチャにおいては、サイバーセキュリティが課題となる

目的

研究を通じてSDVアーキテクチャの問題を特定する

- 次世代の車両のE/EおよびSWアーキテクチャの課題を、革新的なデータ利用とデジタルツイン統合の研究を通じて特定

研究活動

クラウドベースのツール、デジタルツイン、およびテスト環境の作成

- クラウドベースのツールを作成し、ソフトウェアのメンテナンス(OTA)用に活用し、仮想ソフトウェアテスト手法を実装
- デジタルツインを開発し、その他の自律運転車(SDV)のコンポーネントや機能と統合する
- 実証実験用の環境を作成し、開発されたツールを検証する

「Software Defined Manufacturing」SDM4FZI研究プロジェクト

資金調達：教育・研究省

背景

研究協力プロジェクト

- ASDM4FZIは、政府からの資金提供により、産業の専門家、学者、起業家が協力して、モビリティの未来に関する研究を行う場を提供する「ARENA 2036」研究キャンパスでの研究プロジェクト

課題

インフラストラクチャの要件と新しいプラットフォームの採用

- ソフトウェアのリアルタイム配布を実装し、相互運用性を確保するためには、新しいインフラストラクチャが必要であり、これには通信技術のアップグレードも含まれる
- 既存のプラットフォームはSDM (Software Defined Manufacturing) に対応し、変革を容易にするためにオープンにする必要がある

目的

ソフトウェア定義製造(SDM)を定義し、採用する

- 工場やサプライヤーを市場の変動により適応性の高いものにするために、SDMへの移行が必要であり、ここでは、生産プロセスが完全にソフトウェアによって定義され、制御される

研究活動

クラウドベースのインフラストラクチャを作成し、デジタルツインを開発する

- 生産システム全体でのソフトウェアのリアルタイム通信と配布を容易にするためのクラウドベースのインフラストラクチャの確立
- デジタルツインを活用して、シミュレーションベースの最適化とテストを行い、工場間および企業間の協力を促進する

1. SDV・データ連携WGに関連する調査結果

1-1. SDV各国の政策動向

1-2. SDV技術的分析

1-3. OEM分析

1-4. 各技術要素の分析

1-5. API

1-6. セキュリティ

1-7. サービス分析

1-8. 実装動向

OEM各社は、SDVの成熟度を加速させるために、技術パートナーと協力しており、Tier 1 サプライヤーやソフトウェア企業も積極的に投資を行っている

	OEM	Tier 1 サプライヤー	ソフトウェア企業
SDVの定義	Renaultやトヨタ等のOEMは、SDVを「再利用可能で効率的なソフトウェアを使用し、リアルタイムで<u>継続的にアップグレードするインテリジェント車両</u>」と定義	- KPITやデンソーは、SDVを定義していない - Tier 1 サプライヤーは、OEMがSDVに移行できるように、<u>アーキテクチャ</u>の提供に注力	- ソフトウェア企業は、SDVを「ソフトウェアによって<u>機能や特徴を実現する車両</u>」と定義 - Aptivやティアフォーも、同様のアプローチを取る
注目点	- 主要OEMは、技術パートナーやソフトウェア開発者との<u>コラボレーション</u>を推進 - Renaultは、<u>GoogleやQualcommのような技術パートナー</u>と協力 - トヨタは、Arene OSを<u>他のデベロッパー</u>にも公開	- Tier 1 サプライヤーは、OEM向けに競争力のある製品を製造する能力だけでなく、<u>技術に関する専門知識を活用</u> - イノベーションを推進し、SDVの可能性を実現 - KPITは、OEM向けに実用的な繋げばすぐ使える<u>プラグアンドプレイ(PnP)ソリューション</u>を開発 - デンソーは、OEM全体のSDVを推進するため、<u>ユーザーエクスペリエンス(UX)</u>と競争力が高い製品提供を優先	- 自動車業界全体が、ADASの進歩を推進する<u>ソフトウェア・ソリューションへの依存</u>を強めている - Aptivの投資やティアフォーによるソフトウェア・プラットフォームの立ち上げは、<u>安全性や信頼性、そして業界内の協力体制を重視する傾向がますます強まっている</u>ことを示している
ロードマップ	- 主要OEMは、既にSDVに向けた<u>取組を開始</u> <u>2026年</u>にRenaultは同社初の<u>完全なSDV自動車</u>を発売予定 <u>2025年</u>にトヨタはArene OSを導入予定	Tier 1 サプライヤーは、SDVの重要性を認識し、それぞれの目標を達成するために<u>パートナーシップや研究に積極的に投資</u>	Tier 1 サプライヤーと同様に、ソフトウェア企業は自動車の安全性を向上させ、<u>ADAS機能を実現する</u>という観点で投資を実施

ADASには、検出や認識、予測、制御のコア技術を用いたハードウェアとソフトウェアの調和が必要である

データポイント

対象物のすべてのデータポイントを収集し、3D画像を作成する

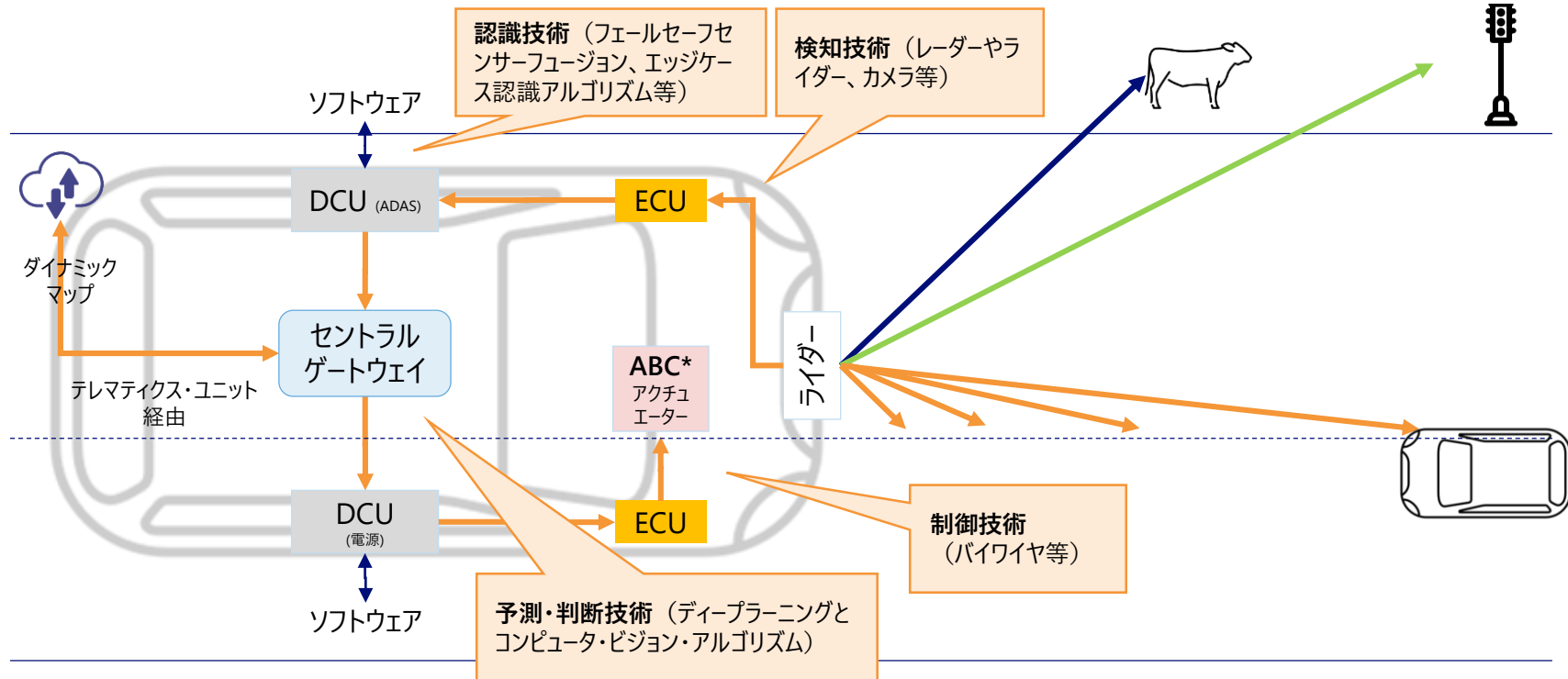
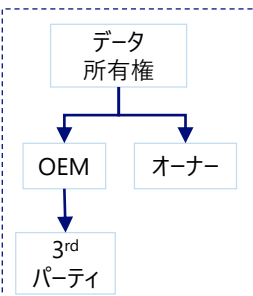
センターラインデータ

対象物が無限に存在するため定義できない場合は、対象物の中心点（例：パイプラインや道路）を対象とする

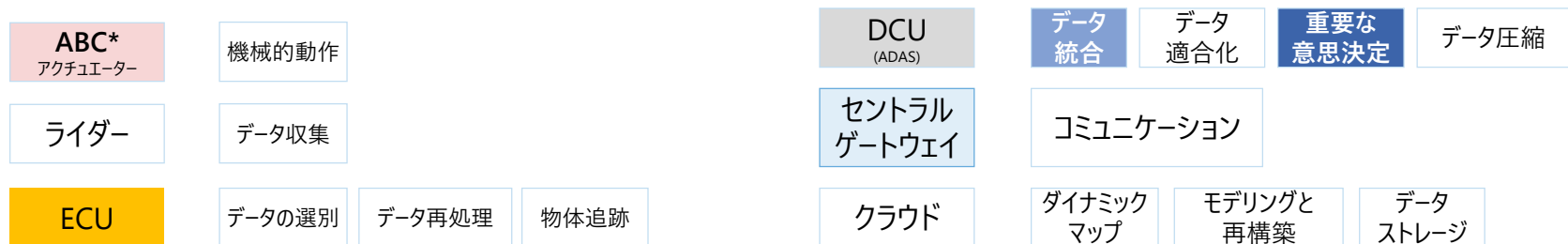
ライダー強度

対象物の種類を識別するために使用（金属と非金属の比較など）

上記3つのポイントで収集されるデータは、より詳細な情報となる

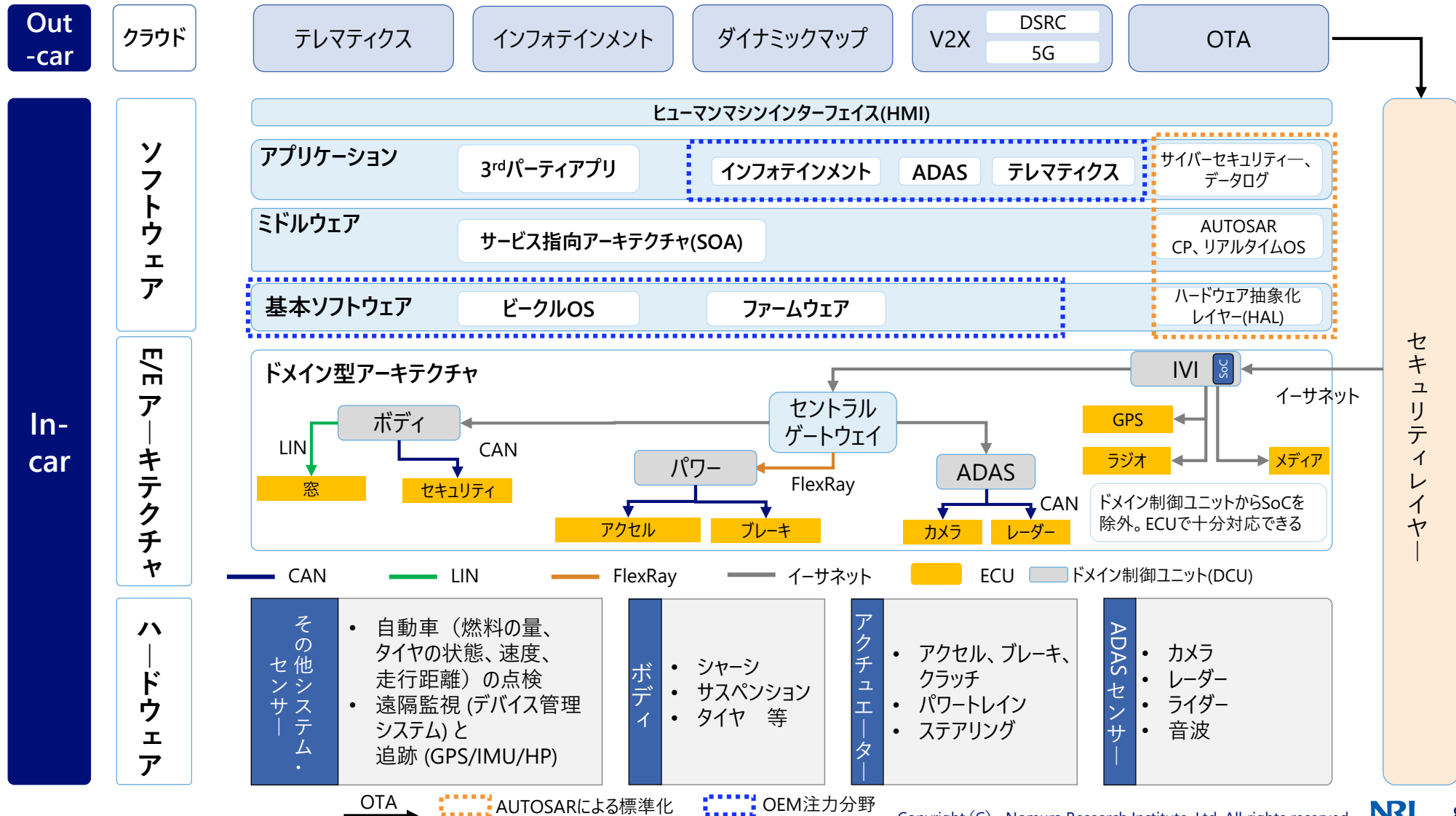


構成部品の役割



*ABC：アクセル、ブレーキ及びクラッチ

AUTOSARは、ミドルウェアだけでなく、複数のアプリケーションソフトウェアや基本ソフトウェアの標準化も行う。内部通信はイーサネット、FlexRay、CANまたはLINを介して行われる

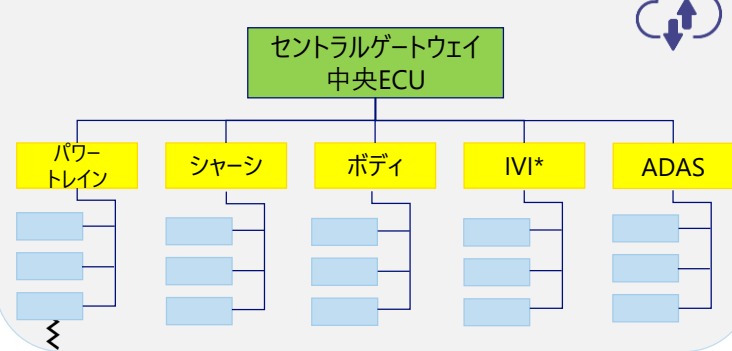


部品や配線の増加による複雑さから、多くのOEMはまずドメイン型アーキテクチャに移行し、その後徐々にゾーン型アーキテクチャに移行する

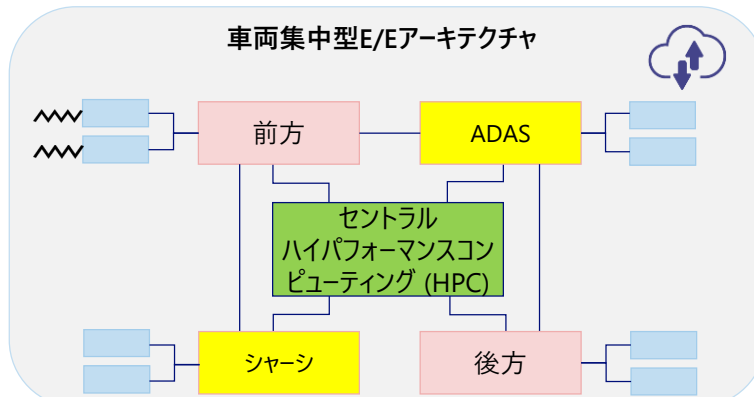
E/Eアーキテクチャ

ドメイン型アーキテクチャ（搭載済）

集中ドメイン横断型E/Eアーキテクチャ



ドメイン型とゾーン型アーキテクチャの共存（搭載済）



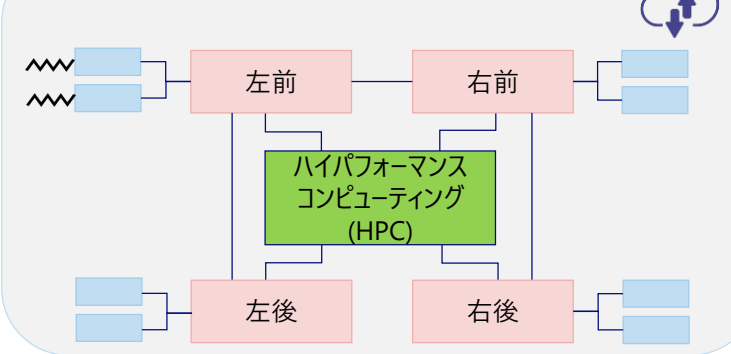
*注：車載インフォテインメント（IVI）領域はテレマティクス・ユニットで構成

全てのOEMが
ゾーン型へ移行

人材の能力や性能が不
十分等の課題があり、
移管していない状況

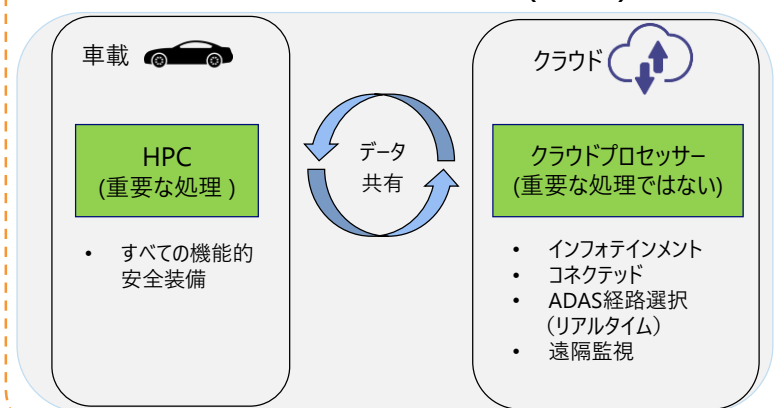
ゾーン型アーキテクチャ（2、3年後に実用化）

車両集中型E/Eアーキテクチャ



E/Eアーキテクチャはゾーン型と同様

クラウド・コンピューティング(5年後)



セントラルゲートウェイ、集中ECU、
セントラルコンピューティングプラットフォーム

アクチュエーター、
センサー

機能ECU

ドメイン制御ユニット

ゾーンECU

ADASの登場により、新たなハードウェア技術の必要性が生じた。なかでも、カメラやレーダー、ライダーの役割は重要であり、特にライダーの固体進化は注目に値する



構成要素の評価の考え方

評価項目		内容
性能面	機能・サービスの高付加価値化	その要素が最終的な機能やサービスの付加価値向上に与える影響はどれくらいか (→より付加価値向上に資する要素ほど、重要性が高いと言えるのではないか)
	開発・設計の効率化	その要素が開発や設計の効率化にどの程度資するか (→より効率化に資する要素ほど、重要性が高いと言えるのではないか)
コスト削減		その要素はどの程度車両のコスト削減に資するか (→コスト割合が高く、必要な削減幅が高い要素ほど、重要性が高いと言えるのではないか)
エネルギー効率		その要素によりどの程度エネルギー効率を向上させることができるか (→よりエネルギー効率向上に寄与する要素ほど重要性が高いと言えるのではないか)
技術の成熟度 (グローバルレベル)		その要素の技術的な成熟度がどれくらいか (→成熟度が低く今後開発ポテンシャルが大きい要素ほど、重要性が高いと言えるのではないか)
日本の立ち位置		日系企業はその要素においてどの程度世界基準と差があるのか (→世界との環境差が大きい要素ほど、重要性が高いと言えるのではないか)
経済安全保障		その要素は経済安全保障上どの程度必要性が高いのか (→必要性が大きい要素ほど、重要性が高いと言えるのではないか)
協調領域か競争領域か		中長期目線（10年～15年）で考えた際に、その要素はどの程度協調領域として連携することができる余地があるのか

1. SDV・データ連携WGに関連する調査結果

1-1. SDV各国の政策動向

1-2. SDV技術的分析

1-3. OEM分析

1-4. 各技術要素の分析

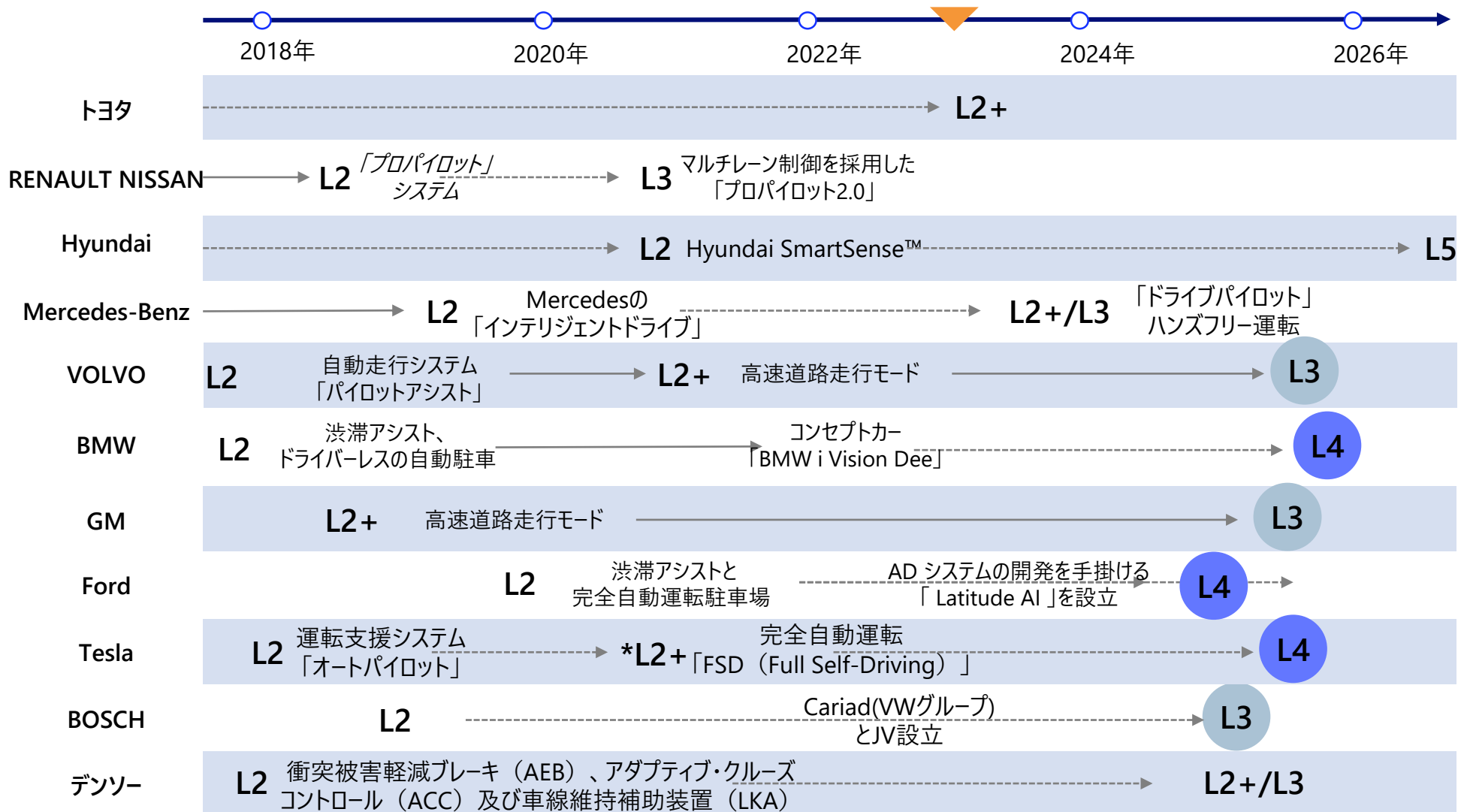
1-5. API

1-6. セキュリティ

1-7. サービス分析

1-8. 実装動向

主要OEMはレベル2+/レベル3のテストを行っているが、Teslaはレベル4を目指した完全自動運転（FSD）を導入している

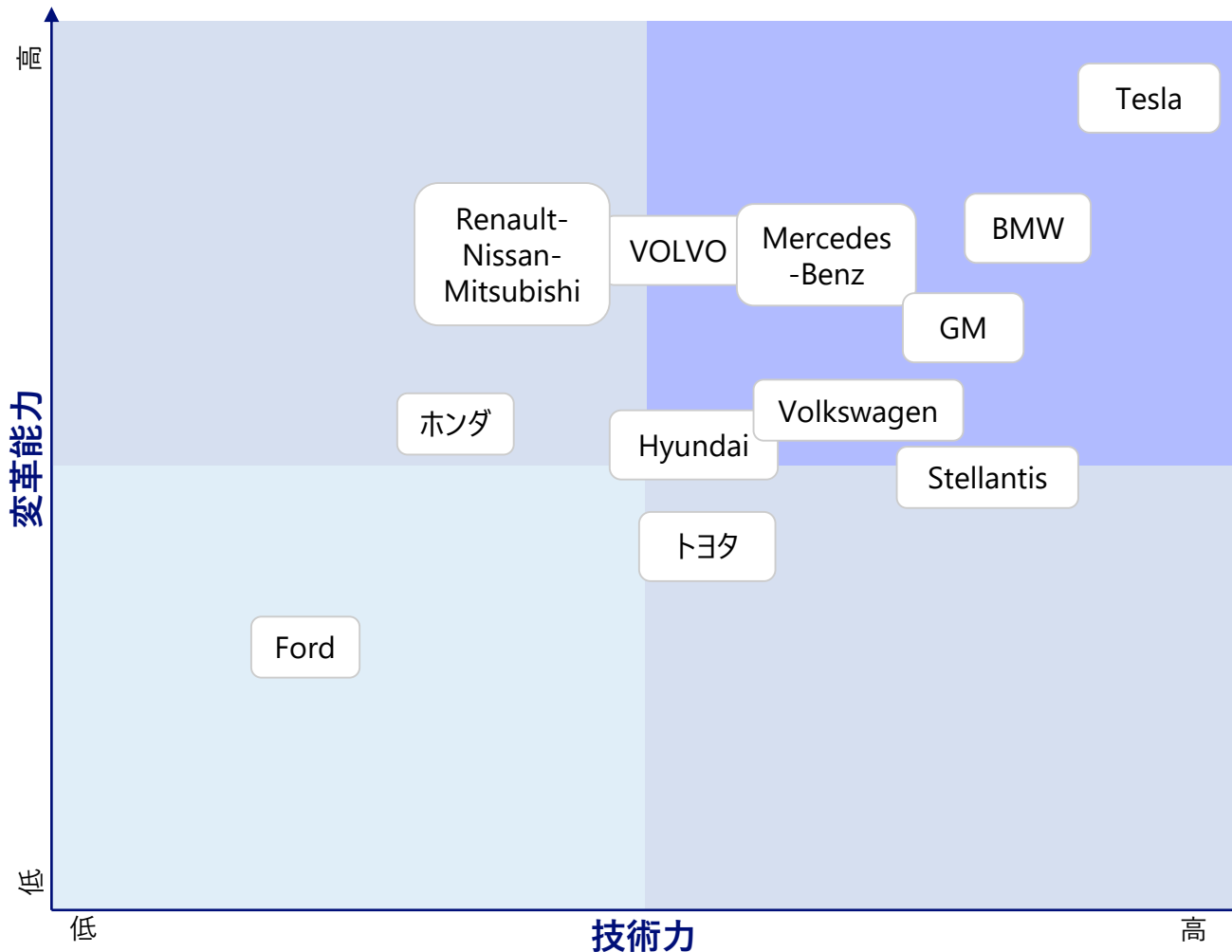


*Teslaは2020年にL4を目指したFSDを導入しているが、試験等の要件が厳しくあえてL4認定を取得していない

現在、多くのOEMはレベル2/2+の車両を提供しており、レベル3～5の提供に向け取り組んでいる

	上市済み	実証実験中	研究開発中
BMW	L2	L3	L4
Ford	L2	L3	L3
General Motors	L2+	L3	L3/L4
Mercedes-Benz	L2/L3	L3	L3
Renault-Nissan-Mitsubishi	L3	L4/L5	-
Stellantis	L2/L3	L3/L4	L3
Tesla	L2+	L3/L4	-
Volvo	L2	L3	L3
Volkswagen	L2+	L3/L4	L5
トヨタ	L2+	L4	-
ホンダ	L3	L4	L4/L5
Hyundai	L2+	L4	L4

TeslaとBMWは、技術力と革新力でSDV開発をリードしており、先進的な位置づけにある。
SDV開発には、社内でのソフトウェアやハードウェア、E/Eアーキテクチャの開発が重要となる



OEMマッピングの論理

OEMプレーヤーは、以下の要因に基づく変革力と技術力に基づいてランク付けされる

変革能力:

1. 開発目標スケジュール*
2. 社内ソフトウェア開発

OEMは、上記の2つのパラメータに基づき、変革能力について重要度の高い順にランク付けされる

技術力:

1. ソフトウェア: ミドルウェアとアップデート
2. 車両のE/Eアーキテクチャ
3. ハードウェア: 自動化レベル (センサーとドライバー・モニタリング・システム (DMS))

OEMの技術力は、上記の3つのパラメータに基づき、重要度の高い順にランク付けされる

*開発目標スケジュールとは、OS/SDVの採用等であり、主なマイルストーンを指す

BMWやFord、Tesla、Hyundaiは、OTAによるソフトウェア更新を行っており、
BMWやMercedes-Benz、Teslaは中央型E/Eアーキテクチャを採用している

	BMW	Ford	GM	Mercedes-Benz	Renault-Nissan-Mitsubishi	Stellantis	Tesla	VOLVO	Volkswagen	トヨタ	ホンダ	Hyundai
ソフトウェアアップデート	OTAによるソフト更新	OTAによるソフト更新	Ultifi経由でのソフトウェア・アップデートの開発	インフォテインメントとナビゲーションの更新(3か月毎)	ファームウェアとインフォテインメントの更新	OTAによるソフト更新(開発中)	OTAによるソフト更新	OTAによるソフト更新(googleとの共同開発)	OTAによるソフトウェアとインフォテインメント更新	手動のソフト更新	手動のソフト更新	OTAによるソフト更新
ミドルウェア	AUTOSAR				－	開発中	－	AUTOSAR				
ビークルOS	社内BMW iDrive 8.0、Linux搭載	2023年のGoogle-Android OS、以前 QNX(Black berry)を使用	Androidオープンソースプロジェクト、新しいOS Utilfi開発	NVIDIAによるMBUXとLinuxを搭載、新しいMB.OSが動作	CAR.OS (google との共同開発)	社内RT.OS (Foxconn、BMW、Waymoと共同開発)	Linuxベースの社内 Tesla OS	社内ソフトウェア VolvoCars. OS (開発中)	社内ソフトウェア VW.os	社内 2025年までにArene OSを導入予定	Google-Android OS	社内 OTA SWアップデートを可能にする CCOS
E/Eアーキテクチャ	中央型	分散型	中央型(開発中)	中央型	中央型(開発中)	中央型(開発中)	中央型	ドメイン中央型	ドメイン中央型	ドメイン中央型	ドメイン中央型	ドメイン中央型
ハードウェア(自動レベル)	L2	L2	L2+	L2/L3	L3	L2/L3	L2+	L2	L2+	L2+	L3	L2+
社内技術リソース	有	無	無	有	有	有	有	有	有	有	無	有
SDV開発目標	2023年: コンセプトSDV	2025年: SW platform	2023年: Ultifi ソフトウェア	2024年: MB.OS	2025年: SDV発売	2024年: SDV用SWプラットフォーム	2020年: Tesla Model Y	2024年: Volvo EX90 SDV	2025年: 全車にVW、OSを搭載	2025年: Arene OS	2023年: アフィールSDV プロトタイプ	2025年: 全車SDV

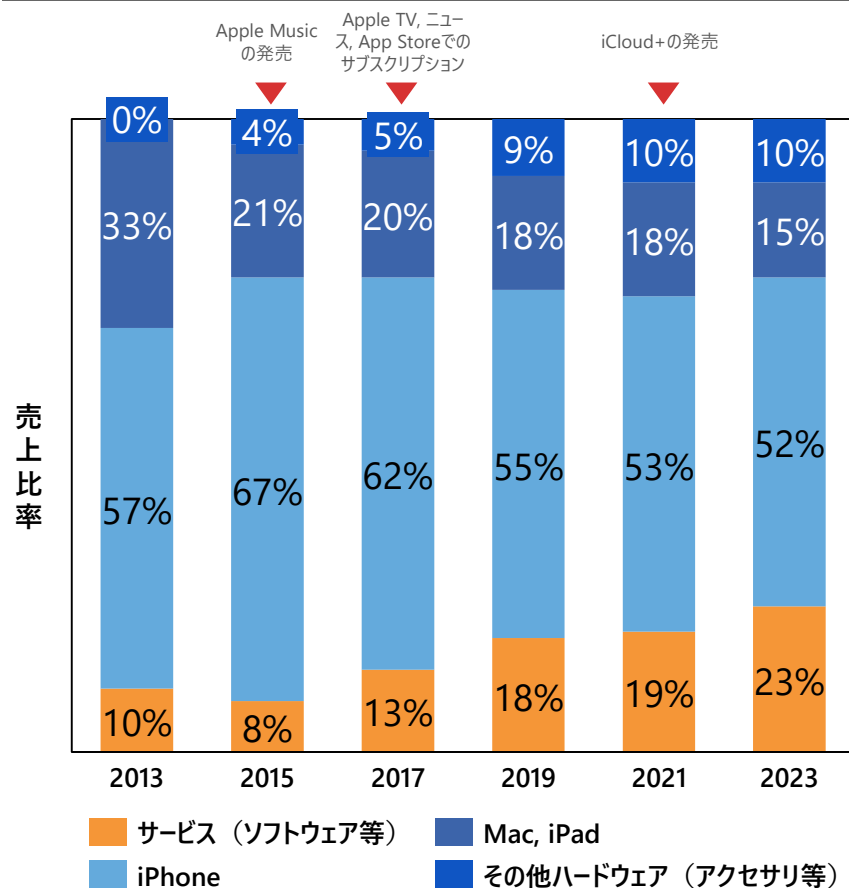
OEMは、車両やアプリを用いて、遠隔操作や車両管理、テレマティクス保険等の新たなサービス提供を開始

車種や地域によって、 利用可能な機能が異なる		BMW	GM	Mercedes-Benz	Tesla	Volks wagen	日産	トヨタ	ホンダ	Hyundai
フリートマネジメント		✓ モニタリング、ログ、オペレーション、カーシェアリング	✓ 修理費、燃料費	✓ API統合	✓ モバイルサービス、税控除	✓ 納期短縮	✓ 課税、契約更新	✓ 金融サービス、ドライバー・モニタリング	✗	✓
利用ベース保険 (UBI)		✓ データを3rdパーティ保険会社へ送信	✓ インハウス保険	✓ インハウス保険	✓ インハウス、モバイルベースのUX	✗	✓	✓ 日米欧ほか	✗	✓ データを3rdパーティ保険会社へ送信
コネクテッド・サービス	アプリを使ったサービス	✓ +Apple、Androidとの統合	✓ Alexaとの統合、決済	✓ コネクテッド・サービス	✓ セントリーモード + 3rdパーティアプリ	✓ スマートフォン接続	✓ コネクテッド・サービス Alexaとの連携	✓ コネクテッド・サービス	✓ Alexaとの統合	✓ 3rdパーティアプリとの統合
	車載インターネット	✓ 個人向けeSIM、5G	✓ AT&T (米国)	✗	✓ AT&T + Tモバイル	✓ キュービック・テレコム (欧州)	✓ ドコモ (日本)、AT&T (米国)、ORANGE (欧州)	✓ 日米欧ほか	✓ AT&T (米国)	✓ Vodafone
	診断、セキュリティ、修理	✓ ドライブレコーダー	盗難車支援、サービス追跡、自動衝突対応等							
	位置情報サービス(渋滞、給油、駐車場)	✓ インハウス	✓ 3rdパーティアプリ (ナビゲーションを除く)	✓ インハウス	✓ インハウス	✓ インハウス	✓ インハウス	✓ 3rdパーティアプリ (ナビゲーションを除く)	✓ 3rdパーティアプリ (ナビゲーションを除く)	✓ インハウス
	車の遠隔操作	空調コントロール、施錠、燃料ステータス、リモートパーソナライゼーション								
OTAアップデート (支払いによりHW/SWの追加機能を利用可能)		✓ 例：象徴的なエンジン音	✗	✗	✓ 例：後部座席ヒーター	✓ 例：VWパーソナル・アシスタント	✓ 例：地図更新、SW アップデート	✓ 例：運転支援アップデート	✗	✓ 例：EV車用バッテリーの管理
ADASサービス (有料)		✓ (L2) 1回のみ購入	✓ (L2) サブスクリプション・モデル	✓ (L3) サブスクリプション・モデル	✓ (L2) サブスクリプション・モデル	✓ (L2) 車両購入時に利用可能	✓ (L2) サブスクリプション・モデル	✓ (L2) 車両購入時に利用可能	✓ (L3) 車両購入時に利用可能	✓ (L2) 車両購入時に利用可能

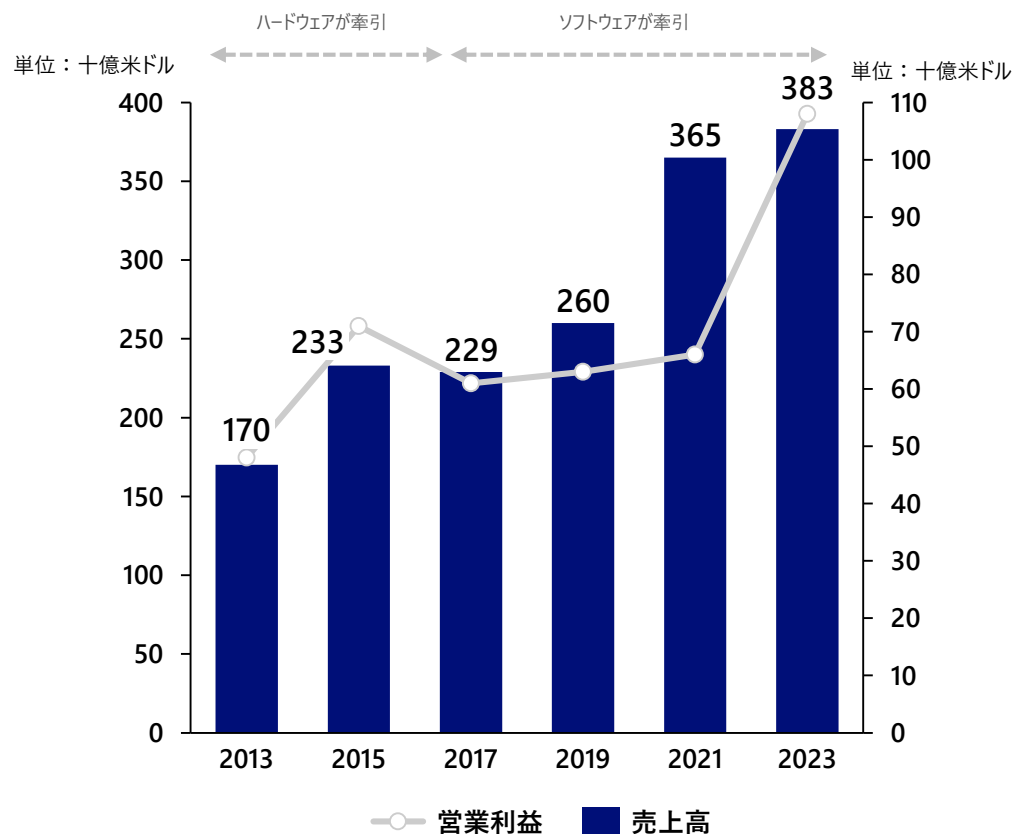
2017年以降、ソフトウェアサービスの多様化が進み、ソフトウェア販売比率の増加に伴い、営業利益も成長

- AppleはこれまでiPhoneやMac等の独自の製品及び技術を生み出し、製造まで一貫して行うことによりハードウェアの手の内化を行ってきた
- その上で、Apple Music、Apple TV、iCloud等の自社サブスクリプションサービスの提供により、ソフトウェアへの移行を図り、売上を伸ばしている
- さらに、同社プラットフォームであるApple Storeを構築。他のアプリ開発プレイヤーへ高い手数料を課すことで、自社の競争優位性の確立を図るとともに、多角的な収益の増加を実現している

Appleの売上比率（ハードウェアとソフトウェア）



Appleの総売上高と営業利益



1. SDV・データ連携WGに関連する調査結果

1-1. SDV各国の政策動向

1-2. SDV技術的分析

1-3. OEM分析

1-4. 各技術要素の分析

1-5. API

1-6. セキュリティ

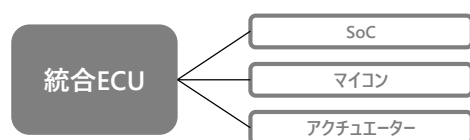
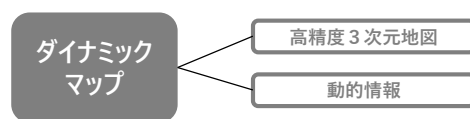
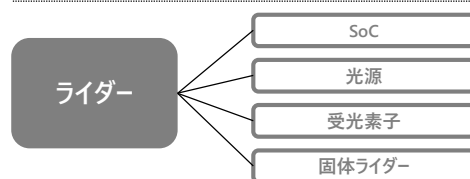
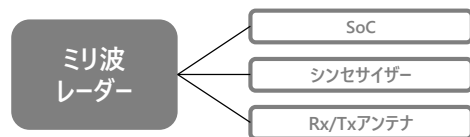
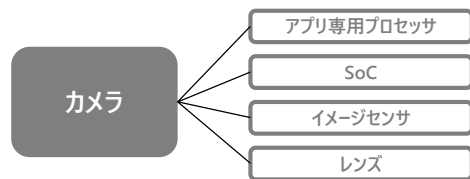
1-7. サービス分析

1-8. 実装動向

各技術要素の分析

各要素の詳細

要素分解



技術動向の現状認識

- 主要国におけるAEB搭載の義務化等の背景もあり、現状の量産車にも搭載される技術であるため、技術的な習熟度は比較的高い。今後、他のセンサーとのフュージョン技術の改善による、認識精度向上と省エネ化の両立が必要
- ブラックボックス化によりセンサーデータに囲い込みをかけるプレイヤーも台頭

- 現状の量産車にも搭載される技術であるため、技術的な習熟度は比較的高い。今後、他のセンサーとのフュージョン技術の改善による、認識精度向上と省エネ化の両立が必要
- ブラックボックス化によりセンサーデータに囲い込みをかけるプレイヤーも台頭
- 次世代4D画像レーダーの開発は、Arbe(イスラエル)が主導している。一方、日本のルネサスは4D画像レーダーの研究開発のためにSteradianを買収した

- 現状の量産車には搭載されていないが、L3以上に向けではライダーからの三次元計測データが重要であり、冗長性も踏まえ、L4では約5~7個が搭載される見込み
- 今後の小型化・低コスト化に向けて光源部の改善が必要。
- ブラックボックス化によりセンサーデータに囲い込みをかけるプレイヤーも台頭

- 高精度3次元地図について、幹線道路については専用計測車両を用いたMMS方式で整備を進めてきた一方、今後の更新や一般道への拡張に向けては、各OEMが収集するプローブデータの活用を含め、よりリアルタイムで低コストな更新・整備手法の検討・確立が必要

- 現在、複数のコントロールユニットの機能をひとつのユニットで実行できる統合ECUへの需要が高まっている
- ECUの統合化にともなって、ECU間での相互通信情報やセンサー、車内センサーからの内部情報、無線通信で得る外部通信情報を基に、高度な演算処理が必要に
- SoCから、ソフトウェアを含めたECUにロックインをかけてくるプレイヤーも台頭

ベンチマークすべき海外動向の例

- アプリ専用プロセッサ(ASP)の需要拡大に対応するため、半導体メーカーはOEM及びサプライヤーとの提携を進めている
- Continental(独)とAmbarella(米)は、ADAS向けハードウェア(SoC)とソフトウェア・ソリューションの共同開発に関する提携を発表
- 今後、1つのカメラ本体に複数のカメラレンズが搭載され、複数の光源からの光に対応するために高度なイメージセンサーが必要

OMNIVISION
(画像センサー、SoC CMOS画像センサー)

Mobileye
(車載カメラ)

Arbe
(長距離、物体識別を実施)

NXP
(長距離、高解像度)

- 今後、高解像度の3D画像をリアルタイムで提供するために、4D画像レーダー技術の進歩が重要となる。Uhnder(米)は、初めてチップ上に搭載した4Dデジタル画像レーダーを量産した企業であり、その性能は解像度が従来の16倍、出力が24倍である
- 高解像度かつ長距離で小型のアンテナが求められるため、より高い周波数の電波を発生させるシンセサイザーが必要

- 現在、固体ライダーの開発が進んでいる。Innoviz(イスラエル)は、InnovizTwoの開発に取り組んでおり、現行のInnovizOneと比較して、70%のコスト削減と、性能が30倍向上すると述べている
- Lumentum(米)は、ライダー技術と垂直共振器型面発光レーザー(VCSEL)の専門知識を結集し、VCSELを活用したハイブリッド固体ライダーの開発に着手している

Vector Photonics
(PCSEL(小型、ソリッドステート))

Lumentum
(VCSEL(低コスト、ソリッドステート))

- OEMは、より詳細な地図を開発するため、協力関係を築いている

TomTom
(リアルタイム・トラフィック・サービス付きHD地図)

HERE Technologies
(デジタル地図、リアルタイムHD地図、位置情報サービス、交通データ)

- L4の実現に向けては演算速度が約320TOPS以上が必要となる見込み。現在利用可能な最大演算処理能力は、NvidiaのDRIVE AGXが提供する254TOPSであり、一方、360TOPSの処理能力を持つQualcomm Snapdragon のRide SoCは2024年に実装される見込み
- 中央コンピューティング・プラットフォームの開発に向け、Infineon(独)はスーパーコンピュータに関する研究を行っている。同社が主導するMannheim-CeCaSという研究プロジェクトでは、将来の高度に自動化された自動車向けに包括的な中央演算プラットフォームの開発を目指している

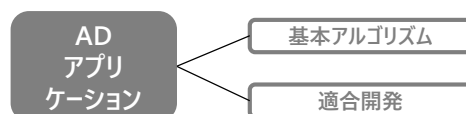
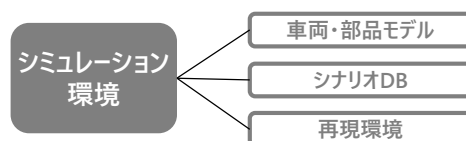
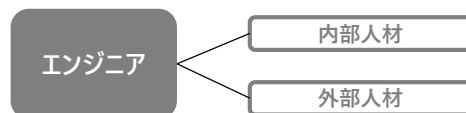
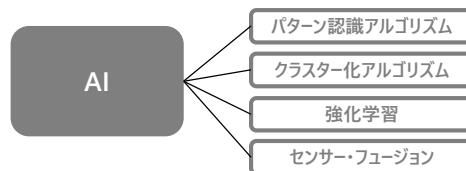
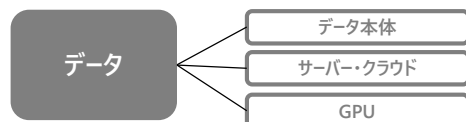
Nvidia
(NVIDIA DRIVE Thorは2,000テラフロップスを見込む)

Qualcomm
(ソニー・ホンダも採用を発表)

各技術要素の分析

各要素の詳細

要素分解



技術動向の現状認識

- 認識アルゴリズムの改善には、センサー-ローデータが必要。制御アルゴリズムの改善には、センサー-ローデータと走行データが必要。
- 効率的な学習を進めていく上で、データの量、データの質、アノテーション（データの意義づけと管理）が重要

- 認識アルゴリズムについては、従来からAIによる機械学習を活用
- 制御アルゴリズムについても、今後の高速道路L3や一般道L2+に向けた開発工数の肥大化に対応するため、エッジケースごとにエンジニアがコードを改善していくやり方では対応できず、AIによる機械学習を活用したアルゴリズム改善が重要に

- 内部人材については、企業内での研修強化と外部の教育コンテンツの活用による人材育成を進めていく必要
- 外部人材については、ジョブ型への転換により適切な処遇環境を構築した上での高度人材の獲得や、情報系や通信系の学生等の裾野拡大を進めていく必要

- デジタルツインで再現した、車両・部品モデルや交通環境を活用し、実機での試験工程を減らし、開発や安全性評価を効率化
- 実空間では遭遇しにくいエッジケースをシミュレーションで再現し、そこで取得したデータを学習データとして機械学習することで効率的に改善を進めることが可能に

- 今後、高速道路L3や一般道L2+に向けて、対応すべきODDやエッジケースが増幅し、開発工数が肥大化
- 従来の、個別のエッジケースごとにエンジニアがソースコードを改善していくやり方では対応できず、AIによる機械学習での制御アルゴリズムの改善の重要性が増す

ベンチマークすべき海外動向の例

- Waymoは、学術研究者の実験と研究を促進するためのデータアクセス（Waymo open dataset）を提供。実走行2,000万マイル以上、シミュレーション走行200億マイル以上を達成
- Mobileyeは、世界最大のデータセット、200ペタバイト以上の走行映像を保有し、車両データ共有へのアクセスをMobileyeと提携する6つのOEMへ提供

Waymo

（無人運転で100万マイル達成）

Mobileye

（200ペタバイト超の走行データ保有）

Cruise

（AIソフトウェアが複雑な都市環境に対応）

Mobileye

（AIを使った自動運転プラットフォームを開発）

- L4及びL5の自動運転段階では、センサー数が増加することから、より大規模なセンサ・フュージョンに対応可能なアルゴリズムが必要となる
- L4及びL5の自動運転車両では、大規模かつ複雑なデータが生成され、重要な情報を抽出するためにクラスタリングが必要になる。Mobileyeは、L4及びL5のADASにおける物体認識とデータ削減のために、K-meansやマルチクラス・ニューラル・ネットワークなどの様々なクラスタリング・アルゴリズムを含む自動運転プラットフォームを開発

- 現在、「研究開発」と「メンテナンスとサポート」分野において、人材拡充が進められている。Waymo（米）などのロボットタクシー企業は、ロボットタクシーの開発及びメンテナンスに携わる人材の育成と採用に積極的に取り組む計画を推進している

- 車両の機能開発に限らず、街で起こり得るあらゆるケース（エッジケース）を想定し、シミュレーションを実施する必要がある
- Waymo（米）は、1,200万マイル以上のシミュレーション走行と実際の走行データを活用し、CarCraftとSimulation Cityという2つのシミュレーションプログラムを用いて、自動運転車のテストと検証を行っている
- Safety pool（英）は自動運転車に関する世界最大のシナリオデータベースを公開。データベースには25万シナリオが収録されており、政府、産業界、学術機関などが活用可能

Waymo

（シミュレーション・プログラム）

Safety pool

（世界最大のシナリオDB）

- Mercedes-Benz Group AG（独）は、傷害リスクを最小限に抑えるために、自動運転システムに適応的な介入ロジックを使用している
*適応的な介入ロジックとは、これまで運転手が緊急時に介入して制御を取っていた状況に対して、今後はADASシステム自体が危険やリスクを把握し、できる限りシステム自体が対処することを目指すアプローチ
- General Motors Chinaは、MomentaがGMの現地チームと開発したエンド・ツー・エンドのADASソリューションを搭載

Mercedes-Benz

（米・欧でL3を実現）

Momenta

（AIを使ったADASソリューション）

ライダーの課題は小型化・低コスト化であり、一方でレーダーは分解能の向上が課題である

- ライダーは、分解能は高い一方、小型化・低コスト化が課題。新たな光源技術として、フォトリック結晶レーザー（PCSEL）などの研究開発が進む
- レーダーは、小型で低コストである一方、分解能の向上が課題。シリコン素材の活用や4D画像レーダーの市場導入が進む

	ライダー	レーダー
最新動向 (注目技術)	PCSEL (フォトリック結晶レーザー)	4D画像レーダー
特徴	小型化 高い垂直角度分解能を持つ	低コスト化の実現(ライダーの15~20%) 全天候に適応可能、物体の背後にあるものも検知可能
段階	研究開発 (香港中文大学、独・フェルディナント・ブラウン研究所、京都大学が注力)	市場導入
主要プレイヤー	Vector Photonics	Arbe Aptiv NXP BOSCH Continental
顧客	研究開発段階のため無し	Hyundai Magna 等 Motional (ロボットタクシー) — — Dallara (自動運転レーシングカー)
	- ライダーは最も高い解像度、測定範囲、精度を誇る一方で大型かつ高コストが課題であったが、今後価格は低下していくと予想 - 今後は、解像度、測定距離及びサイズに優位性があるフォトリック結晶レーザー（PCSEL）技術の確立と市場導入が期待	- 厳しい気象条件下でも高い性能を発揮するため、自律走行車への採用が増加し、将来的にはスタンドアロン型センサーとして使用可能 - BoschやZFは、ライダーから4D画像レーダーに移行しつつある

各技術要素の分析 | 「4D画像レーダー」の詳細＜参考＞

4D画像レーダーは、周波数変調連続波（FMCW原理）を使用し、速度、距離、角度位置を測定する物体検知を行う



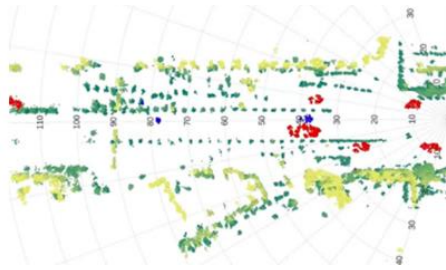
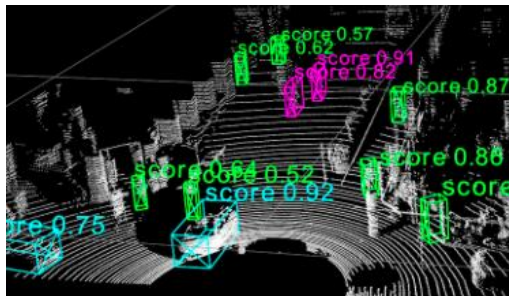
画像出所：MIT

動作原理

- 4D画像レーダーは反響定位（エコーケーション）のために大型マルチアンテナ信号伝送法（MIMO: Multiple Input Multiple Output）アンテナアレイを使用する
- 周囲の物体に跳ね返る信号を送信し、その結果を捉えて、以下のデータを計算する：-
 - 距離
 - 方向
 - 速度
 - 標高

- 60～64GHzと76～81GHzで動作するミリ波センサーを使用し、周囲環境の高解像度情報を取得する
- 実際の空間から空間座標の範囲、方位角、高度角、ドップラー周波数を瞬時に取得し、点群データと比較することで、物体を識別適切に処理する
- 3Dレーダーはアンテナが水平に配列されているのに対し、4D画像レーダーはアンテナ素子が水平と垂直に配列されている

ライダーは4Dレーダーよりも解像度が高く、より小さな物体の検出が可能であるが、コストが高く、視線より後ろにある物体の検出はできない

		3Dレーダー	ライダー	4Dイメージング・レーダー
動作原理		・ <u>エコロケーション</u>、<u>水平配列</u> ・ 波長 - ミリメートル(10^{-3})	・ <u>リモートセンシング技術</u> ・ 波長 - <u>マイクロメートル(10^{-6})</u>	・ エコロケーション、<u>3D+垂直配列</u> ・ 波長 - ミリメートル(10^{-3})
測定項目		・ 距離 ・ 方位角（水平角） ・ 速度	・ 距離 ・ 方位角 ・ 速度 ・ 標高	・ 距離 ・ 方位角 ・ 速度 ・ 標高
性能		・ <u>全天候に対応</u> ・ <u>長距離検知性能</u>が優れている ・ 2次元地図 ・ <u>視線検出不要</u> ・ 低解像度 ・ 低処理能力	・ 悪天候時のリスク ・ 短距離検知性能が優れている ・ <u>3次元地図</u> ・ 視線検出必要 ・ <u>高解像度（短距離）</u> ・ <u>高処理能力</u>	・ <u>全天候に対応</u> ・ <u>長距離検知性能</u>が優れている ・ <u>3次元地図</u> ・ <u>視線検出不要</u> ・ 低解像度 ・ 低処理能力
コスト	現在	安価（～50米ドル）	高価（～1,000米ドル）	高価（NA）
	予測（2年後）	安価（～50米ドル）	高価（～1,000米ドル）	中価格帯（150-200米ドル）
各技術の出力画像				

地図はそれぞれ特性が異なり、多様な選択肢を追求し、対応できる舵取りが重要

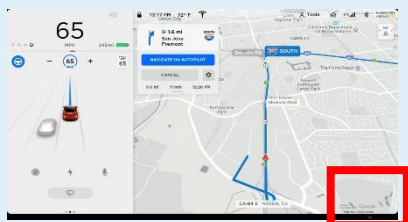
- 自動運転の制御に活用されるナビ地図 + α・高精度 3 次元地図は、そのカバレッジや精度・コンテンツ、更新頻度等でそれぞれ一長一短であり、その特性に応じて用途も異なる
- したがって、SDVを支える技術として、そのどれかに絞るのではなく、多様な選択肢を追求し、いずれにも対応できるような舵取りが重要

	ナビ地図	ナビ地図 + α *	高精度3次元地図	
			プローブカーデータ (PD) による生成	MMSによる生成
概要	衛星ナビゲーションを使用して車両の位置を表示し、目的地までの最適なルートを提供	- より高度で、制限速度や道路の勾配、カーブ、車線情報、信号、標識の詳細が含まれる - カメラやレーダー等のセンサーの使用により、ナビ地図よりも精度が高い - 一方で、幾何学的精度やセマンティックな情報の詳細度には制限	- cm単位の精度を持ち、道路の特徴に関する詳細情報（位置や道路の形状、交差点、ランドマーク、地図上の特定のポイント（地点））を提供 - 必要なデータのみがクラウドに送信され、その後統合されるため、拡張性がある	- cm単位の精度を持ち、道路の特徴に関する詳細情報（位置や道路の形状、交差点、ランドマーク、地図上の特定のポイント（地点））を提供 - 最も正確な車線レベルの情報を提供し、他の道路利用者の動きの予測にも使用可能
カバレッジ	全エリア	ほぼ全エリア	広い走行エリア	限定的
次元	2D	2D	-	3D
精度	1m (一部都市) ~ 10m	50cm程度	< 10 cm	< 10cm
更新頻度	1週間(一部都市等) ~ 数年 交通渋滞等はほぼリアルタイム	数ヶ月程度 交通渋滞等はほぼリアルタイム	ほぼリアルタイム	数ヶ月
コスト	安価	安価	比較的安価	高価
主な用途	-	走行エリアを限定しない 先進運転支援・自動運転	プローブカーデータの取得が可能な走行エリアにおける高度な自動運転	エリア限定型の高度な自動運転
ユースケース	目的地までの道案内や交通情報、特定の地点の位置情報に使用	車線維持支援、衝突回避、アダプティブ・クルーズ・コントロール (ACC) 等のADAS機能に使用	中央分離帯のある高速道路や車線表示が見えない場所での車線中央維持、先にある道路標識の認識等に使用	高度な自己位置補正やセンサー補完、先読みを使用。また、MaaSにおける自動走行をはじめインフラ維持管理、防災・減災対策等多用途に活用

Teslaは、市販のソリューションと独自に開発した技術を使用して、車両のナビゲーション向けに独自の地図を作成している

ベースとなる地図の使用

ツールや技術を用いて、ベースのマップを自動運転に対応



- Mapbox** Mapboxは、道路レイアウト、地図上の特定のポイント（地点）などの最新データを含む地図向けの Valhalla APIを提供
- ビジョンコンポーネントとリアルタイム処理：** Teslaの車両は、車両カメラデータから構築されたビジョンコンポーネントを使用している。車載のニューラルネットワークは、このデータをリアルタイムで処理し、車線のつながりを動的に導き出している


```

graph LR
    A[カメラからのイメージ] --> B[RegNet*を用いた画像分類]
    B --> C[検出のためのFPN**]
    C --> D[トランスフォーマー***]
      
```
- 自動ラベリングとニューラルネットワークの学習：** ニューラルネットワークによって学習し、自動ラベリング（データに自動的に注釈とラベル付けを行う技術であり、ニューラルネットワークの学習に寄与している）
- 学習のための車両データ：** Teslaは200万台以上の車両からのデータを活用。この膨大なデータセットを使用してニューラルネットワークを学習させ、車両が様々な走行条件を学習して適応
- リアルタイムの交通状況とルート更新：** Teslaの車両は、車両に搭載されたGPSを使用して交通状況を検知し、遅延を回避するための代替ルートを提案

*RegNet：画像分類のための自己制御型ネットワーク（畳み込みリカレントニューラルネットワークで使用する）

**FPN(Feature Pyramid Networks)：特徴ピラミッドネットワークは、任意の大きさの単一スケールの画像を入力として受け取り、それに比例した大きさの特徴マップを出力する特徴抽出器である

***トランスフォーマー：処理タスクのためのディープラーニングモデルに使用される

プレミアムコネクティビティパッケージに加入すると追加

Wayveの自動運転ソフトウェア「Wayve AI Driver」は、高精度3次元地図を必要とせず、AIを使用して未知の場所でのナビゲーションを行う

技術詳細

① データ収集

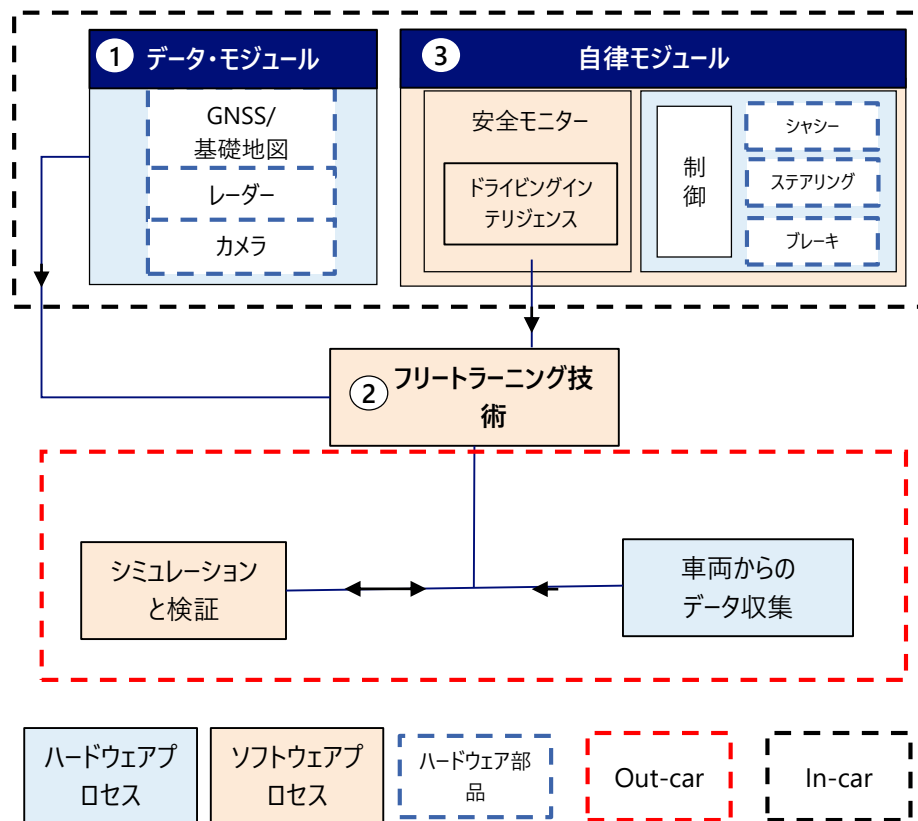
- Wayve AI Driverソフトウェアは、カメラやレーダーなどの**センサーからデータを収集**
- その後、データは車両周辺の**物体や障害物を検知**するため**処理**される

② フリートレーニング技術

- データは**フリートレーニング技術**を用いて処理
※独自の**MLプラットフォーム**で、路上での走行経験やシミュレーション環境からのデータを組み合わせて分析
- 定期的にWayve AI Driverソフトウェアを**学習、改善**
- AIソフトウェアが未知の環境で運転するために**一般化**（一般化：学習したことを、これまで見たことのない新たな状況に適用する能力）

③ 意思決定

- WayveのAI Driverソフトウェアは、他の道路利用者がどのように動くかを予測し、安全が確認された運転動作計画を実行



各技術要素の分析 | 半導体チップセットと自動運転レベル

非常に高い処理能力（～100 TOPS、10nm未満）を必要とするADASのレベル4、5とは異なり、レベル1～3は高い処理能力を必要としない

チップセットのスペックと自動運転レベル

プロバイダー	企業タイプ	チップ製品名	トランジスタのゲート長サイズ	処理速度	国名	自動運転レベル	採用しているOEM
Mobileye	SoC設計を行うファブレス企業	Eye Q6	7nm	34 DL TOPS*		L3～L5	Ford トヨタ Volkswagen Audi
Nvidia	SoC設計を行うファブレス企業	Jetson Xavier	12 nm	32 TOPS		L2～L3	Mercedes-Benz VOLVO
		Jetson Orin	5 nm	254 TOPS		L2+～L5	
ルネサス	SoCを設計・製造	R-car V4H	16 nm	34 TOPS		L2+～L3	トヨタ
Qualcomm	SoC設計を行うファブレス企業	Ride**	5 nm	360 TOPS		L2～L5	GM BMW
Texas Instruments	SoCを設計・製造	TDA3x	28 nm	8 TOPS		L1～L2	-
AMD	SoC設計を行うファブレス企業	Artix Ultrascale+	16 nm	-		L2～L3	-
Samsung Electronics	SoCを設計・製造	Exynos	5 nm	-		L3～L5	Tesla Hyundai

注：ファブレス (Fabless) 半導体企業とは、ハードウェアや半導体チップの設計・販売は行うが、チップの製造工程はTSMCやサムスンファウンドリー等の工場に委託している企業 *DL：ディープラーニング TOPS：1秒当たりの演算回数（兆回）

**Snapdragon Rideは、5nmのASIL-D準拠のADAS SoCと360TOPSの演算能力を供給できる補助アクセラレータSoCで構成されるプラットフォームである

出所：各種公表資料等を基に作成

自動車業界では、SDV実現に必要な統合ECUと高性能SoCの需要が高まっている。NVIDIAやQualcommなどが主要なサプライヤーであるが、低消費電力化と高性能化のためには、微細化と専用半導体の開発が不可欠

- 自動車は、パワー、アナログなど、多くの半導体が用いられるが、SDVの実現には、ECUを統合しSWの開発・アップデートを容易にすることが必要であり、統合ECUには高性能なSoCが不可欠
- 高性能なSoCの設計・製造は、NVIDIA・Qualcomm等の一部サプライヤーによる寡占化が進む一方で、高性能化と低消費電力化の両立に向けては、微細化と用途に特化した専用半導体が必須

◆ NVIDIA

- 「Volvo Cars」のEX90 SUVは、Nvidia Drive Orin とDrive platform(合計280TOPS)を採用
- 「Mercedes Benz」はNVIDIAと提携し、同社のDrive Orin (254TOPS)を次期車両 (レベル2以上) に搭載予定



Volvo EX90 SUV



NVIDIA Drive Orin



Cadillac Celestiq



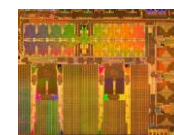
Snapdragon Ride

◆ Tesla

- 2019年にこれまでNVIDIAから供給を受けていたSoCをすべて自社設計のものに切り替えたことを発表。生産はサムスン電子に委託
- 2023年5月、最新のFSDチップを含むHW4.0を搭載したTesla社 Model Yの生産を開始
- HW4.0のニューラルネットワーク・アクセラレーターは最大50TOPSを実現。処理速度はHW3.0の約2~4倍高速になると予想される



Model Y



FSDチップ

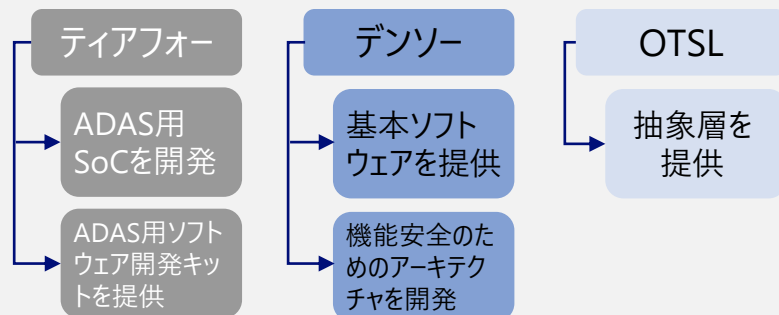
各技術要素の分析 | その他の日系企業の取組＜参考＞

ティアフォーは、デンソーおよびOTSLと共同で、SoCを開発。NEDO助成事業（省エネAI半導体及びシステムに関する技術開発事業／革新的AI半導体・システムの開発）を活用。
チューリングは、完全自動運転用のSoC開発を計画

ティアフォー:組み込みプラットフォームに使用するSoCを開発

- ティアフォー、デンソー及びOTSLは、組み込みプラットフォームのプロトタイプを共同で開発
- NEDO「省エネAI半導体及びシステムに関する技術開発事業／革新的AI半導体・システムの開発」（23年度～27年度）を活用

組み込プラットフォームに対する各社の責任



開発目的：自動運転に必要な半導体の開発を加速する

実用化の方向性：OEMやその他の関係者は、SoC用ソフトウェア開発キットを使用してADASアプリケーションを開発可能

タイムライン：2023年6月8日に計画を開始

チューリング:完全自動運転用SoCの開発チームを発足

- チューリングは現行SoCの500倍の性能を持つSoCの開発を目指す

SoC開発におけるチューリングの目標

自社開発したLLMの推論アクセラレーターとしてSoCを使用

自社開発したAIおよびソフトウェア・インフラとSoCを統合し、完全な自律走行を実現する

開発目的：完全自動運転に必要な処理能力を提供できるSoC開発

実用化の方向性：完全自動運転に必要な速度と精度で物体を識別するチューリングの社内LLM (Large Language Model) に活用

タイムライン：今後5年間で開発

欧米各国に大学が中心となって公開されたデータセットがあり、企業や研究機関が参加しているものもある(1/2)

	データセット名	大学	企業	研究機関	概要
シミュレーション	MUAD Dataset	パリ・サクレ大学（仏） ENSTA Paris（国立先端技術学校）（仏）			- 異なる時間帯や天候条件下での、典型的・一般的な都市や郊外の環境を網羅 10413のアノテーション済み画像とOODデータが含まれる
	India Driving Dataset	インド情報技術大学 ハイデラバード校(印)	Intel		- 非構造化環境における道路シーン理解のためのデータセットであり、自律運転のためのセマンティックセグメンテーションと物体検出に使用される - インドの道路における182のドライブシーケンスから収集された、34の分類で細かくアノテーションされた10,000の画像で構成されている
地図	4 Seasons	ミュンヘン工科大学（独）			- 自律走行のための季節ごとに困難となる認識条件を網羅している - RTK-GNSSとステレオ視覚慣性計測のフュージョンから得られた、最大センチメートル精度のグローバルに一貫した基準測位も含まれる
	UrbanLoco	カリフォルニア大学（米） 香港理工大学			- 完全なセンサスイートで高度に都市化された環境で収集されたマッピング/ローカリゼーションデータセット - ライダー、カメラ、IMU、GNSS受信機からの情報が含まれる
視覚的シーン理解	Cityscapes dataset	ダルムシュタット工科大学（独）	Daimler（Mercedesグループ）	マックスプランク情報学研究所	50の都市で春から秋に収集したデータを30の分類基準に基づいたアノテーション済み - 細かくアノテーションされた5,000の画像と大まかにアノテーションされた20,000の画像を公開
CNN	Synthia Dataset	バルセロナ自治大学（スペイン）			季節、天気、時間帯や景色（高速道、市街地）ごとのビデオシーケンスがダウンロード可能

欧米各国に大学が中心となって公開されたデータセットがあり、企業や研究機関が参加しているものもある(2/2)

	データセット名	大学	企業	研究機関	概要
アルゴリズム	The KITTI Vision Benchmark Suite	カールスルーエ工科大学（独） トヨタ工業大学 シカゴ校（米）			ローデータだけでなく、そこから抽出されたタスクごとのベンチマーク（要素を抜き出したもの）も公開
認識	PEDX	ミシガン大学（米）	Ford Motor		- 複雑な都市交差点における歩行者の大規模なマルチモーダルコレクション - 高解像度のステレオ画像とライダーデータを、マニュアル2Dおよび自動3Dアノテーションで提供
不明	IKA High-D dataset (The Highway Drone Dataset)	RWTHアーヘン工科大学（独）			- 高度自動運転車の安全性検証のために作成 - ドイツの高速道路で記録された110,500台以上の車両の自然な走行経路を公開
	CARLANE	ケンブリッジ応用科学大学（独） バルセロナ自治大学（スペイン） ベルリン工科大学（独）			2D車線検出のための3通りのsim-to-real領域適応ベンチマーク - シングルターゲットデータセットMoLaneとTuLane、マルチターゲットデータセットMuLaneが公開されている - 多様なシーンを網羅する3つの異なるドメインから構築され、合計16万3000枚の画像を含み、そのうち11万8000枚はアノテーション済み
	CAVS Off Road Dataset	ミシシッピ州立大学（米）			- 非構造的なオフロード自律走行を対象としたデータセット - 異なる時間帯、照明条件、風景等の特徴とするセグメント化された画像で構成
	CADC Dataset	ウォータールー大学（カナダ） トロント大学（カナダ）			- 冬季の自律走行のためのオープンソースのデータセット 56,000のカメラ画像、7000のライダースイープ、50-100フレームずつの75のシーン、10のアノテーション分類、完全なセンサスイートが含まれる

車両デザイン生成やIVI領域への活用、AD/ADASにおける認識・判断やシミュレーション環境の構築など様々な領域にAIが活用される

- 近年、生成AI含めた「AI」を活用することで、業務やサービスの質・効率を向上する動きがあるが、自動車分野においても、AI活用には多様なユースケースが存在
- 車両デザイン生成やIVI領域（車載インフォテインメント）への活用、AD/ADASでの認識・判断やそれを鍛えるためのシミュレーション環境の構築等に使われている

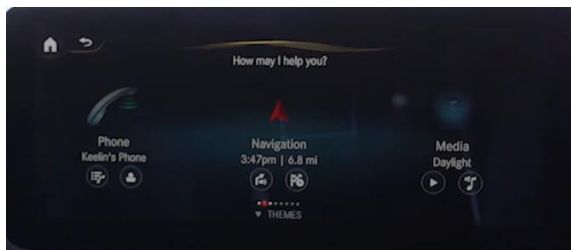
◆ 車両デザイン生成への活用

米「Czinger Vehicles」は、生成AIを用いてデザインされたハイパーカー「Czinger 21C」を2023年末から納車予定。同モデルは3Dプリント技術を活用して開発



◆ IVI領域への活用

独「Mercedes Benz」のIVIシステムには、自然言語処理（NLP）とMLを組み合わせた音声認識にAIを使用するパーソナル・アシスタントが搭載されており、最近ではChatGPTのサポートも追加



◆ シミュレーション環境構築への活用

米「NVIDIA」では、自動運転のシミュレーションプラットフォーム「DRIVE Sim」に生成AI技術を活用し、実走行データから得られた素材でシミュレーション環境を生成

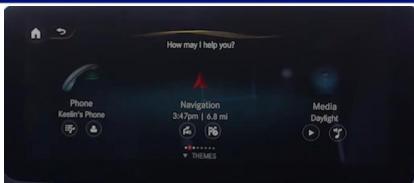
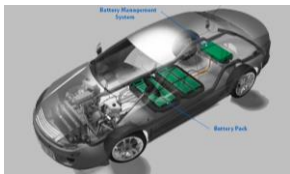
挑み、十分なディティールとリアルな環境を生成する必要

また、十分な規模（量）のシミュレーションを構築することが必要

- 自動運転のシミュレーションプラットフォーム「DRIVE Sim」に生成AI技術を活用し、実走行データから得られた素材でシミュレーション環境を生成
- 自動運転技術の開発を加速し、効率化を図ることが可能になる



SDVにおけるAIの主なユースケースは、エンタテインメントやAR、保険等でのAIの活用である

#	使用用途	AIの活用
1	 パーソナル・アシスタントとエンタテインメント	- Mercedes BenzのMBUXエンタテインメント・システムには、<u>自然言語処理（NLP）とMLを組み合わせた音声認識にAIを使用するパーソナル・アシスタントが搭載されており、最近ではChatGPTのサポートも追加された</u> - 電通とHyundaiは、<u>AIを搭載したエンタテインメント・システムを構築し、乗客がパーソナライズされたコンテンツを楽しめるようにするため、Audioburstプロジェクトに1,000万米ドルを投資した</u>
2	 拡張現実（AR）	- ARヘッドセットに搭載された画像センサーは、<u>ユーザーの位置と向きをリアルタイムで追跡するために、コンピューター・ビジョンと機械学習アルゴリズムにデータを送信する</u> - Audiと日産はすでに、<u>HUD（ヘッドアップディスプレイ）を使用して車両周辺の空間を没入的に表示するためにこの技術を導入している</u>
3	 バッテリー管理システム（EV）	- ニューラルネットワークとサポートベクターマシン(SVM)は、<u>正確で効率的な充電率(SOC)と劣化状態(SOH)の推定を提供する</u> - リカレントニューラルネットワーク(RNN:Recurrent Neural Network)等のモデルは、<u>バッテリーの履歴や経年劣化の評価に役立ち、MLを組み合わせたハイブリッドモデルは正確な予測を可能にする</u> <u>振動パターンを解析してバッテリーセル/モジュールの故障を早期に検出する</u>
4	 ADAS	- 自律走行車には、ライダーやレーダー、カメラなどのセンサーが搭載されており、<u>リアルタイムで分析する必要のある膨大な量のデータが生成される</u> - AIは、<u>車両がデータを処理・分析し、道路をどのようにナビゲートし、さまざまな状況にどのように対応するかを判断</u>することを可能にする
5	その他の用途	<u>自動車保険において、車検やデータ収集、クレーム処理に活用される</u> <u>CPQ（使用選定、価格選出、見積作成）の自動化を通じて、顧客の好みを正確に予測し、顧客のニーズに最適な機能を提案する</u>

車両デザイン生成やIVI領域への活用、AD/ADASにおける認識・判断やシミュレーション環境の構築など様々な領域にAIが活用される

- 自動運転の領域については、従来、物体認識において機械学習やディープラーニングを用いる一方で、それ以外の判断や制御においては、ルールベースの条件分岐によるプログラミングが主流だった
- その一方で、設計・開発思想が従来OEMとは異なる新たなプレイヤーの出現や、走行環境の拡張・複雑化に伴い、判断や制御においてもAIの活用が進みつつある。特にTeslaは、現状の市販車において、認識・判断・制御すべてにAIを適用させたシステムを構築している

物体検出



AI

- 大量のデータを使って学習したDLモデルで、物体の特徴を捉え、物体が何であるかを判定

ML

- 特徴量（判断基準）を人が設定し、あらかじめ分類した物体のどれに当てはまるかを判定

- いずれも学習データが必要であり、未学習のものは判定ができない。計算量は多いが、AIの方が正確に判定できる

行動予測



AI

- 歩行者の顔の向きや他の交通参加者との関係を考慮して行動を推論

ルール

- 歩行者が時速〇m/s（・加速度〇m/s²）で移動しているという情報をもとに、それを継続すると仮定して算出

- AIの方がより実態に合った行動予測が可能

行動決定



AI

- 無数の走行環境で、最適な運転行動をとるようにトレーニングされた学習モデルが、独自のパラメータで行動を決定

ルール

- 特定の事象が起こった場合には、こういった動作を行うといったルールをあらかじめ定めておく
- ロジックベースでの決定により、類似シナリオの分類が進む

- いずれも想定外の事象への対処についてのプログラミングが必須

出所：各種公表資料等を基に作成

運動制御



AI

- End-to-Endのシステム

ルール

- 目標とする速度・角速度の実現のため、モーターを回転させて制御
- 車載センサによって目標値とのずれを検出し、補正を繰り返す

- 行動決定による移動量に関する目標値に対して制御を行うため、基本的にはルールベースで行うものとされる。

◆ TeslaのAI活用の例

ニューラルネットワーク

Teslaは、最先端の研究を応用して、認識・判断・制御の問題に対処するため、Autopilot向けに48のディープニューラルネットワークをトレーニング。これらのネットワークは、数百万台の車両からリアルタイムに情報を得て学習。ニューラルネットワークを完全に構築するには、70,000GPU（基/h）の時間が必要とされ、タイムステップごとに1,000個の異なる予測を出力。

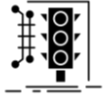


オートノミアルゴリズム

Teslaは、車のセンサーから得られる情報を組み合わせ、忠実に再現した地上データをアルゴリズムで作成。最先端技術を駆使して、複雑な現実世界の状況下で動作する強固なプランニングと意志決定システムを構築。

※Tesla HP情報より作成

AIの主な使用用途は、予測やリアルタイム判断、安全及びセキュリティのための物体の検出、シミュレーションである

#	使用用途	AIの活用
1	 物体認識	- AIとMLアルゴリズムは、<u>車両が物体を認識するのを支援し、移動の予測や安全なナビゲーションの決定に役立つ</u> <u>車線逸脱警告やアダプティブ・クルーズ・コントロール</u>のような先進運転支援システムは、危険検知のためにセンサーやカメラデータを分析するAIに依存している
2	 リアルタイムの交通管理	<u>コネクテッドカーがリアルタイムの交通情報を提供することで、ドライバーは効率的なルートを計画し、時間とお金を節約し、道路の混雑を緩和することが可能</u> <u>音声ナビゲーションにより、ハンズフリーでの対話が可能になり、現在の交通状況に基づいた代替ルートを提供</u>
3	 車両の状態とメンテナンス	自動車に搭載されたセンサーが性能の問題を検知し、ドライバーやサービスセンターにデータを送信して<u>メンテナンスのスケジューリング</u>を行う
4	 インテリジェント パーキング	<u>Volkswagenの駐車料金の決済を行う「We Park」のようなサービスでは、AIベースのコンピューター・ビジョンが駐車可能なスポットを特定し、道順を案内する</u>
5	 予測と意思決定アルゴリズム	<u>回帰アルゴリズム</u>は、過去のデータに基づいて、歩行者が車両の進路に入る可能性などの結果を予測 <u>クラスタリング・アルゴリズム</u>は、センサーやカメラ、GPSからのデータを整理・分類し、意思決定やルート計画、ナビゲーションを支援する <u>意思決定マトリックス・アルゴリズム</u>は、プログラムされた条件とセンサーデータの両方を考慮しながら、リアルタイムで旋回などのアクションについて決定を下す
6	 テストとシミュレーション	AIは、クラウドコンピューティングを使用して、稀なインシデントを含む様々なシナリオをシミュレートし、システムの精度を確保する

AIとMLは自動車産業全体で活用され、SDVとADASにおいても主要なユースケースが増え始めている

バリューチェーンにおけるAIとML（機械学習）の活用事例



*CPQとは、使用選定（Control）、価格選出（Price）及び見積作成（Quote）を指す

SDVにおける使用用途

各社は、AIの使用方法についてTeslaを追隨している。

TeslaとWaymoは自社でAI機能を開発している一方で、従来型OEMは外部と提携している

- 検出、認識、位置と経路決定技術には、各社同様のAI技術を使用しているが、予測と判断技術はOEMがより正確なシステムを開発するためにテストを行っており、各社が異なるAI技術を活用している
- WaymoのVectorNetは、一般的なCNNの欠点を克服するために開発されたCNNモデルである。VectorNetは、点や多角形、曲線をベクトルに変換することで、対象物の予測を容易にする。最も先進的で広く使用されているCNNの1つであるResNet-18と比較して、VectorNetは、1シーンあたり50個のエージェントが存在する場合に、わずか29%のパラメータを使用し、20%の計算で、最大18%の性能向上を達成する
- 予測と判断技術において、Mercedes-Benzは車両にNVIDIAのDrive AGX Orin SoCを採用している

技術	Tesla	Waymo	Mercedes Benz
検知	- ニューラルネットワーク - センサーフュージョン	- ディープ・ニューラル・ネットワーク - センサーフュージョン	- センサーフュージョン - 畳み込みニューラルネットワーク
認識	- オプティカル・フロー・アルゴリズム - コンピュータビジョン - 畳み込みニューラルネットワーク	- コンピュータビジョン - 畳み込みニューラルネットワーク	- 畳み込みニューラルネットワーク - コンピュータビジョン
予測と判断	- ニューラルネットワーク - 畳み込みニューラルネットワーク - リカレント・ニューラル・ネットワーク - 強化学習 - セマンティック・セグメンテーション - 模倣学習 - 変圧器と注意モジュール	- 機械学習 - ニューラルネットワーク学習のためのTensor flow - VectorNet	- 畳み込みニューラルネットワーク - ディープラーニング
位置と経路の決定	- 機械学習 - ディープラーニング - 強化学習	機械学習	拡張現実

注) 上記表の黒字は各種公開情報に基づき記載し、赤字はNRIの分析の基づき記載している

データのプライバシーとセキュリティは、データ共有の大きな課題である。一方で、Waymoは学術研究のためにデータを共有し、MobileEyeはOEM 6社と車両データを活用する契約を締結

	Tesla（米）	Waymo（米）	Mobileye（イスラエル）
収集目的	・オートパイロット操作と完全自動運転（FSD）システムの最適化	・機会学習モデルを訓練し、<u>自動運転技術を改善して安全性を高める</u>	・収集されたデータに基づいて<u>コンピュータビジョンシステムを改良</u>
対象データ	・予測（物体検知） ・経路計画	・知覚データセット（認識） ・モーション・プランニング・データセット	・センサーデータ ・自動車に搭載されたチップを通じてデータを収集
データ共有	・Teslaは、プライバシーとセキュリティ上の懸念から、<u>他社とトレーニングデータの共有は行わない</u>	・Waymoは、学術研究者が様々な学習モデルに関する実験や研究を容易にするために、「<u>Waymo Open Dataset</u>」と名付けられたデータへの<u>限定的なアクセス</u>を提供する	・Mobileyeは、プライバシーの問題から<u>他社とトレーニングデータの共有は行わない</u>。そのデータは、ADAS機能とソフトウェアを改善するために使用される
提携	-	・<u>Google Brain</u>及び<u>DeepMind</u>と提携し、機械学習モジュールとアルゴリズムを最適化 ・<u>学術研究者へのオープンデータ・アクセス</u>	・Mobileyeは<u>OEM6社と提携しており、これらのOEMはMobileyeに車両データの共有アクセスを提供している</u>
データ収集量	・全世界で50万台の車両が、<u>1日当たり1,500万マイルのデータ</u>を収集	・<u>2,000万マイル</u>以上の実走行（地域限定）と<u>200億マイル</u>以上のシミュレーション走行	・<u>世界最大規模のデータセット</u> ・<u>200ペタバイト以上の走行映像</u>や1分間の走行クリップ1,600万回分（25年分の実世界データ）

米国及び欧州では、自動車産業のソフトウェア部門における人材不足の課題に取り組むため、さまざまな取組が行われている

種類	取組	地域	詳細
チャレンジ	Waymo Open Dataset Challenge	米国	多様なデータセットの公開、コンペティション、上位者への賞金を通じて、ADとMLのイノベーションを促進 (2020年～、参加者:100チーム(各1-10人)以上(2020年))
	Stellantis Hackathon		参加した大学チームは、クラウドベースのStellantis SDK*と車両データを活用し、安全性と燃費効率を促進するゲーム化された運転アプリを開発(2022年、参加者:選抜された5チーム(各4-6人))
	Eclipse SDV Hackathon Challenge	欧州	自動車ソフトウェアを好きな人々を集め、主要な業界のリーダーからの指導のもと、革新的な機能を構築し、テクノロジーを探求するコーディングマラソンを実施(2023年、参加者:75人)
	Porsche NEXT OI Competition		開発者を招待し、模擬APIを使用してPorscheのスポーツカー向けの革新的なアプリの開発を通して、賞金や多様なツール、プラットフォームにアクセスする機会を提供(2018年-2019年、参加者:749人(2019年))
ワークショップ	NVIDIA workshops	世界	AD、ML、AIに関するワークショップを開催し、学生や若手の専門家を含む受講者の自動車産業への興味と関与を促進
キャンパス・スクール・プログラム	Volkswagen Group of America and the Urban League Future Leaders in Mobility Program	米国	ソフトウェア開発や技術分野でのプログラムを提供し、大きな功績やキャリアの成長の機会を若い人材に提供(2021年～)
	Bosch Student Ambassador Program	世界	キャンパス・アンバサダーを通じて、エンジニアリングへの関心を高め、将来のソリューションを共同で開発することで、学生の業界への適応力を高める
	Continental Ambassador Program		ブランド・アンバサダーは、企業と一般の人々との仲介者としての役割を果たし、潜在的な候補者に組織に関する見識を提供すると同時に、貴重な経験を積み、ネットワークを広げる

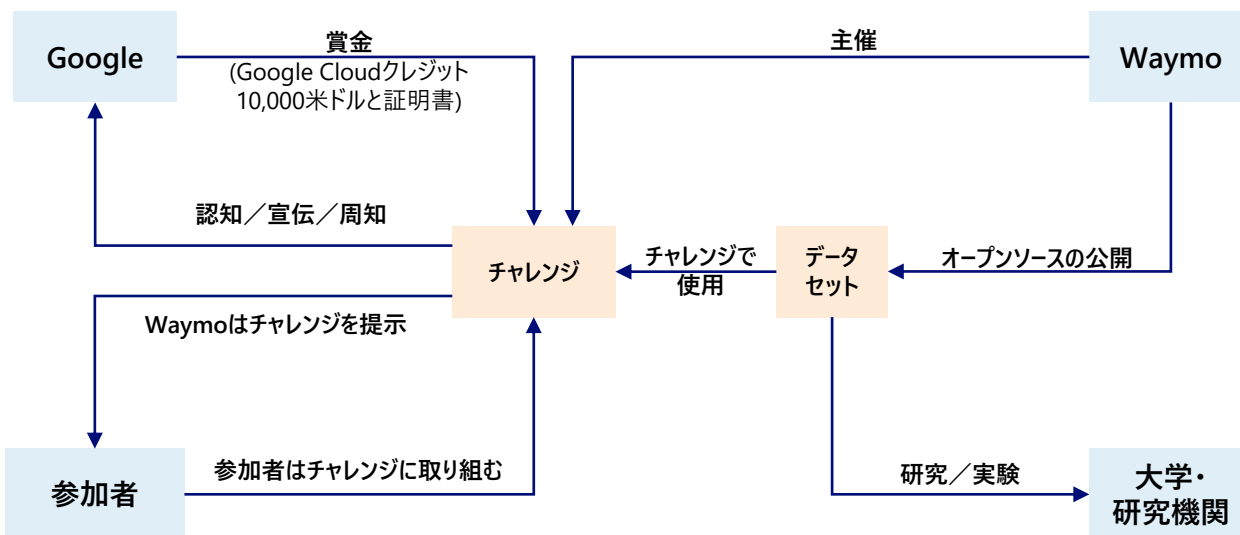
動機
- 自動車業界のソフトウェア部門に若手<u>人材</u>を呼び込む - OEM、Tier1サプライヤー、技術プレーヤー、大学、専門家、学生など、複数のステークホルダーを巻き込むことで、産業界における<u>連携</u>を促進 - データセットを公開することで、ソフトウェア領域における既存の<u>課題</u>を解決 - ソフトウェア分野の優秀な人材を<u>認識</u>し、業界における潜在的な機会について<u>教育</u>する

OEMによる主導

* Stellantis SDKは、Stellantis Software Development Kitを指す

Waymoは、Open Dataset Challengeを通じて、業界の優秀な若手人材を惹きつけると同時に、研究用のデータセットを公開し、既存の問題を解決しようとしている

Waymo Open Dataset Challenge



Waymoは、Open Dataset Challengeを通じて、自動車業界のソフトウェア部門に参加し、従事する優秀な若手人材を集めている。

優勝者には、西安交通大学（中国）、南洋理工大学（シンガポール）、マックス・プランク研究所（ドイツ）、カーネギーメロン大学（米国）、DiDi Autonomous Driving（中国）、中国東北大学（中国）、中国科学院大学（中国）、アリババ（中国） などからの参加者が含まれる。

2023年開催のチャレンジの内容

① 2D ビデオ パノプティックセグメンテーション*

各ピクセルに対してパノプティックセグメンテーションラベルのセットを生成し、インスタンスラベルがシーケンス内のすべての画像で一貫しているものとする

② 姿勢推定 (Pose Estimation)

シーン内の歩行者や自転車に対して、自動運転車から25m以内の範囲で3Dキーポイント（座標点）を予測する

③ 行動予測 (Motion Prediction)

最大8エージェント（自動車や歩行者等の物体）の位置を8秒先まで予測する

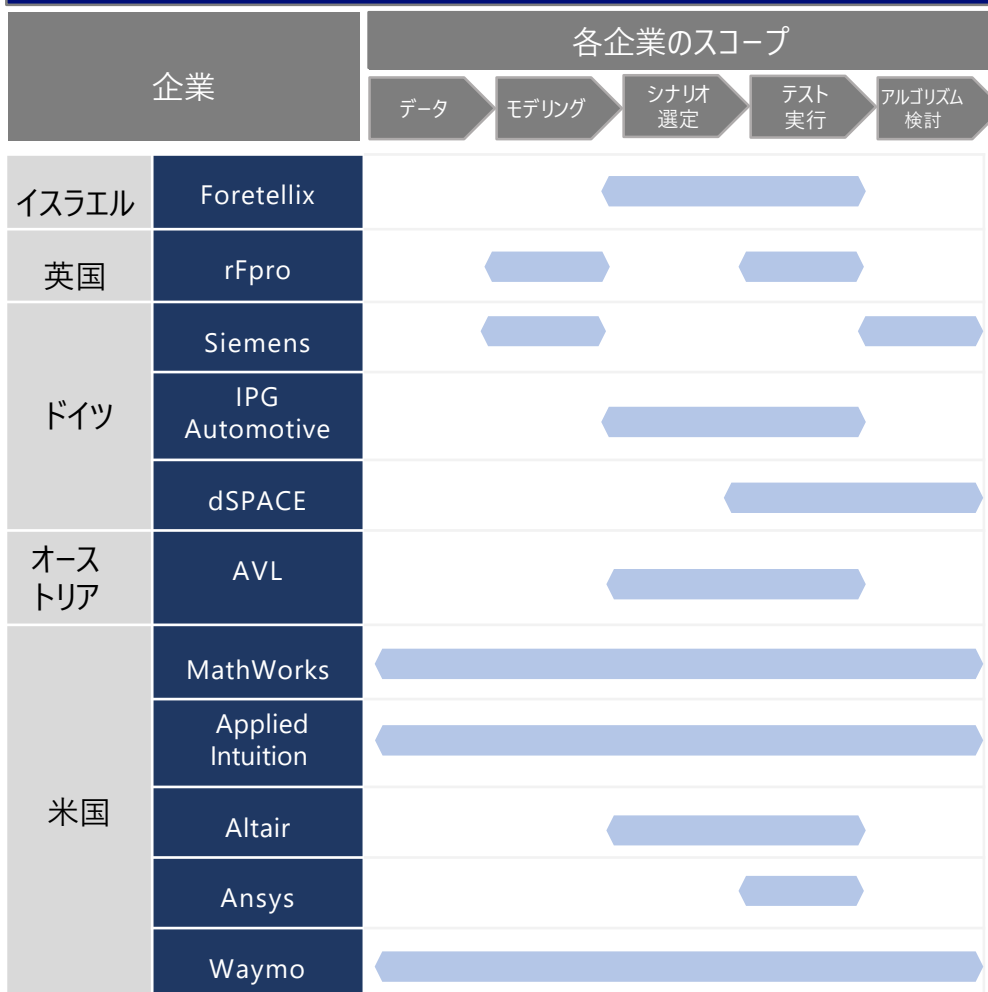
④ シミュレーションエージェント

シーン内のすべてのエージェント（自動車や歩行者等の物体）に対して、32個の現実的な共同未来をシミュレーションする

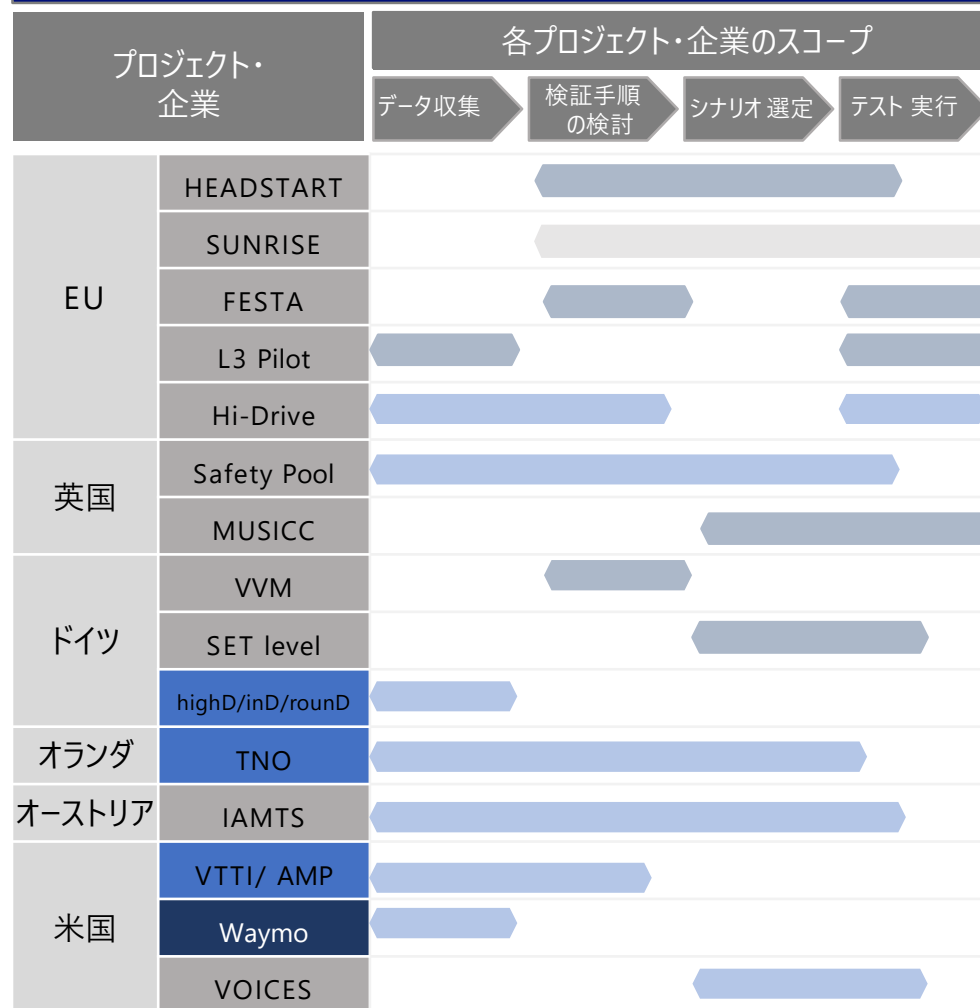
*パノプティックセグメンテーションは、一枚の画像の中の各物体を個別に識別し、それぞれの境界を正確に描写する手法であり、画像認識技術のひとつ

欧州と米国を中心に、シミュレーションを活用した開発・設計や、安全性評価の取組が進んでいる

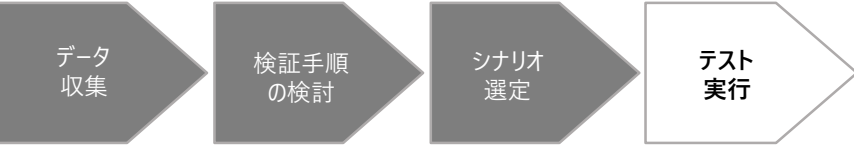
開発・設計



安全性評価



Waymoのシミュレーターは、自動運転におけるAI開発を進めるための研究支援を目的に設計。Safety Poolは、自動運転車の安全性のためのシナリオを作成、整理、格納するためにシミュレーションを活用

	開発・設計	安全性評価
プロジェクト・企業	Waymo	Safety Pool
詳細	- Waymoは、自動運転技術のAI開発のためのシミュレーションに注力 - 本社拠点地：米国（2009年設立） - 提携：Uber、Jaguarなど	- Safety Pool Scenario Databaseは、自動運転車をテストするためのシナリオを集めた最大の公開リポジトリである - プロジェクト拠点地：英国（2017年設立） - 提携：ウォーリック大学WMG、Deepen AI
各企業・プロジェクトのスコープ		
スコープ詳細	■ 概要: Waymoは、自動走行研究開発用に設計されたシミュレーションを保有 - データ: Waymoに保存されたデータからリアルなシミュレーションを作成 - シナリオ選定: Waymo Driverが収集した実走行データマイルからシナリオ選定 - テスト実行: 車両フォームを安全に導入し、新たな地域に対応可能にする - アルゴリズム検討: 複数の道路利用者の複雑な行動や運転手からの入力を分析することが可能   Waymoのシミュレーションプラットフォームを活用したバーチャルテスト	■ 概要: 自動運転機能の試験、検証、認証のための参照シナリオデータベース - シナリオ選定: - シミュレーションで実行可能な25万以上のテストシナリオを収録したライブラリを発表 - シナリオはさまざまな自動運転システムに適用可能 - 企業はこれらのシナリオを使用して安全性を強化することが可能 - ライブラリは政府、産業界、学術機関などが活用可能  Safety Pool scenario 1: 車両（左側の赤）が他の車両（黒）に割り込む  Safety Pool scenario 2: 高速道路での（黒）車両の（赤）車両への追い越し

シミュレーションの活用により、開発期間や開発コスト、製造工数が大幅に削減される

CAPVIDIAのCMMに関する削減率（スウェーデン王立工科大学のレポートより）

	企業名	適用範囲	削減率（%）	詳細
OEM	Rolls Royce	設計、製造、検査	97%	Rolls Royceは、エンジニアに、製品のデジタル・ツイン・バージョンを物理的なものと一緒に設計、開発、テストできるフレームワークを提供している。CMM*のワークフローを5時間から10分へと97%短縮した
ソフトウェア	Siemens	ソフトウェアとシステム・エンジニアリング	97%	Siemensは、3Dモデル内で製品の完全なデジタル開発を可能にする。図面中心のワークフローと比較して、NXはエンジニアリング文書作成に費やす時間を削減し、検証と製造のためのソフトウェア開発を促進する。CMMのワークフローは、5時間から10分へと97%短縮された

各企業のMBD活用による削減率

	企業名	適用範囲	削減率（%）	詳細
OEM	Volkswagen	デザイン	25%	VWは開発期間を25%短縮し、将来的には車両開発プロジェクトを従来の54か月から40か月で完了させる計画
パワートレイン	Bosch	パワートレインと制御機能	60-70%	Boschは、機能安全と自動車用ソフトウェア開発を提供している。シミュレーションは、性能を最適化するためのシステム設計において重要な役割を果たし、15か月でコンセプトカーを完成させる計画である
OEM	パナソニックとマツダ	パワートレイン、情報・制御システム	20%	パナソニックはマツダと共同で、これまで実機で行っていた開発をシミュレーションで検証する車載ソフト開発の新プロセスを構築している
ソフトウェア	KPIT	ソフトウェア開発ワークフロー	10% - 40%	KPITテクノロジーズは、モデルベース設計を実装し、AUTOSAR規格に準拠することで、モジュール式の自動車用ソフトウェアを開発した。このソフトウェアは、同じECU上で動作する他のソフトウェアと互換性がある

*CMMは、座標測定機とも呼ばれ、物理的な物体の形状を測定する装置である

** NXは、エンジニアが3D空間モデルと結びつけた設計を維持しながら、配管・計装図を2次元でレイアウトできるソフトウェア

1. SDV・データ連携WGに関連する調査結果

1-1. SDV各国の政策動向

1-2. SDV技術的分析

1-3. OEM分析

1-4. 各技術要素の分析

1-5. API

1-6. セキュリティ

1-7. サービス分析

1-8. 実装動向

API(In-Carコンピューティング用) COVESA=574API

API(クラウド・コンピューティング用)

アプリケーションOS

ボディ制御

部品劣化

異常車両挙動

走行

シャーシ

ホーン制御

ミラー制御

駆動

AVAS機能

車両状態通知

サン・ルーフ

熱制御

熱暴走検知

空調制御

空気清浄器

空気換気

除湿器

温度検知

温度検知

車両移動制御

全周囲認知

駆動制御

停車制御

ルート計画

操舵制御

駐車制御

トルク制御

斜面検出

車両位置認識

ADAS機能

エネルギー制御

電力検知

電力制御

電力使用

充電・放電制御

充電ポート

低圧バッテリー

高圧バッテリー

HMI制御

複数アカウント

乗員認識

音声認識

スイッチ

個人特定

タッチ・スクリーン

システム・セキュリティ

プライバシー管理

OEM制御

スマホ連動

フリート管理

フリート状態

シャーシ認証

第三者制御

地図・位置

スマホ

高精度位置

バッテリー

交通危険情報

監視カメラ

天候情報

データ分析

交通環境

電力使用量

危険特定

路面情報

顔認証

API

API

API

API

API

API

API

API

API

M/W

ランタイム環境

API

API (BSW用)

API

センサー抽象化

6軸慣性測定

ドアロック管理

温度管理

圧力管理

API

I/Oデバイス抽象化

デバイスポート制御

I/O信号制御

タッチ検知

デバイス状態

API

処理抽象化

キャッシュ・メモリー管理

指示読取装置

CPUクロック・タイマー

データ管理

API

メモリーと通信抽象化

信号送信機

NVRAM

OTA

EEPROM

API

アクチュエータ抽象化

電気-機械変換

ドア・モーター

電気・電子配線

音響モニター

BSW

H/W

センサー

6 軸センサ

車外認識センサ

衝突検知センサ

人体検知センサ

I/Oデバイス

アンテナ

タッチ・スクリーン

車室・外スピーカー

カメラ

処理

ECU

SoC

マイクロプロセッサ

マイコン

メモリーと通信

WIFIルーター

フラッシュ・メモリー

NANDメモリー

Bluetooth

アクチュエータ

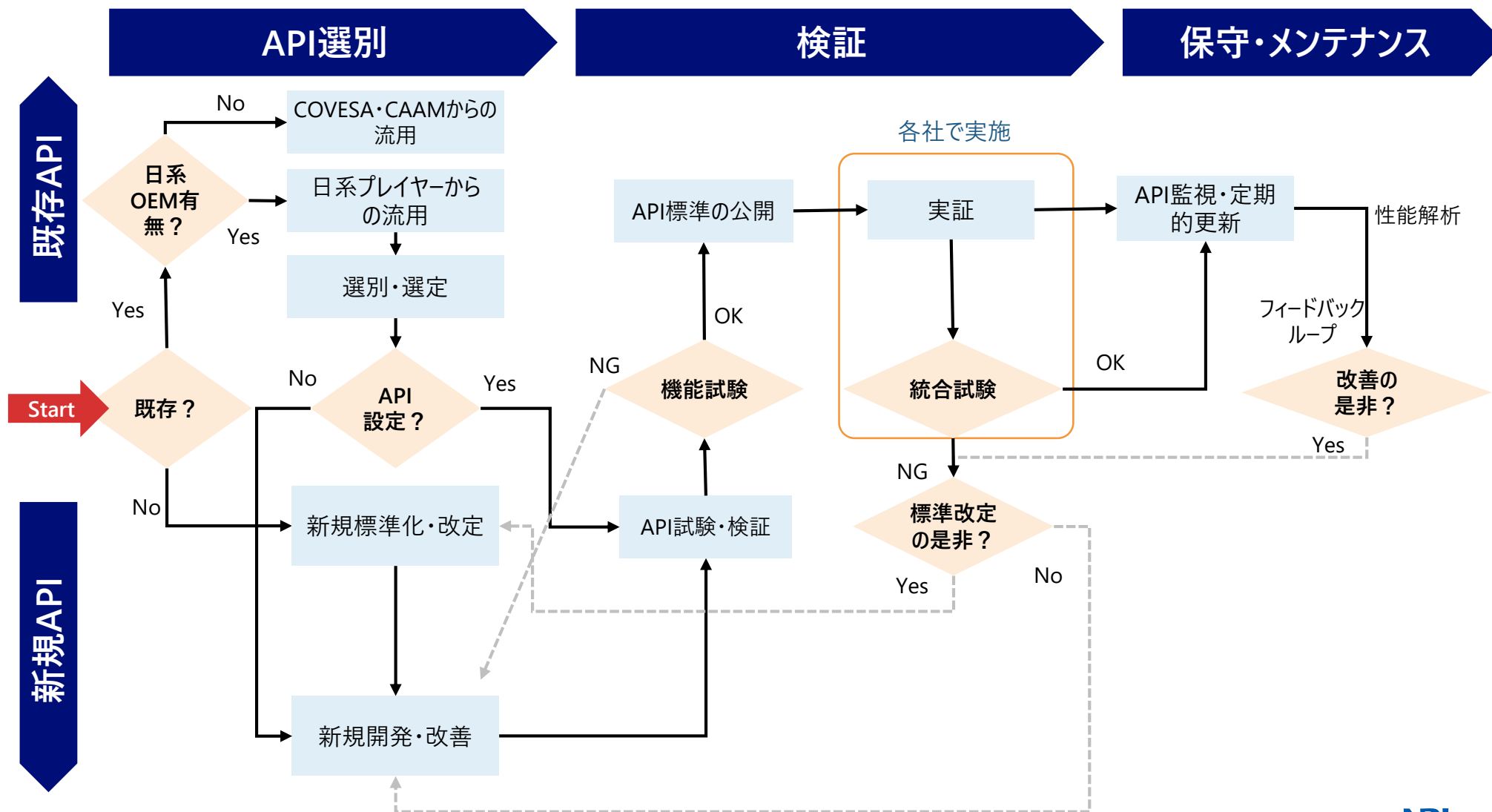
モーター

空冷ファン

パイワイヤー

AVAS

API標準化に向けて、既存APIの採用工程・新開発APIの促進等の工程を明確化し、検証・更新まで含めた考え方の整理が必要



1. SDV・データ連携WGに関連する調査結果

1-1. SDV各国の政策動向

1-2. SDV技術的分析

1-3. OEM分析

1-4. 各技術要素の分析

1-5. API

1-6. セキュリティ

1-7. サービス分析

1-8. 実装動向

UN-R155・156がOTA搭載の新型車に順次適用され、サイバーセキュリティの取組が進んでいる。一方、一部の国では「重要データ」の越境移転規制により自由なデータ流通を阻害する動きが見られる

- サイバーセキュリティについては、UN-R155・156がOTA搭載の新型車から順次適用されており、国際的な調和を図りながら取組が進む
- データセキュリティやデータ流通については、一部の国において、「重要データ」の越境移転規制等、自由なデータ流通を阻害する動きがみられる

データの流通に関する状況

ローカライゼーション 越境移転	- 各国ともに個人情報保護及び国家安全保障の観点を中心に、越境移転規制や国内保存・国内保管義務にかかる規定を整備して対応 - 一方、越境移転規制の対象となる情報や越境移転が許容されるための要件等の、具体的な既定の内容は国によって大きく異なる - 現状、プライバシー保護の焦点の中心は個人データであるも、今後は非個人データを含む様々なデータについても、安全・セキュリティ基準が適用されることが想定される
DFFT*	- 自動運転開発（高精度 3 次元地図、センサー、ソフトウェア等）には膨大な学習データが必要 - 技術やサービスの開発促進の観点から、取得したデータを国や地域、企業を超えて広く流通させていくことも重要。不透明かつ恣意性の高い越境移転規制はDFFTの理念に反する
ガバメントアクセス**	令状に基づく公正なアクセスは各国実施

サイバーセキュリティに関する状況

法規対応	- WP29での議論も進んでおり、自動車を対象とするサイバー攻撃の脅威を回避できるよう、対策を義務付けるサイバーセキュリティ法規「UN-R155」「UN-R156」が順次施行中。日欧は型式認証に導入。米国は準ずる規定を独自に整備（米：米国連邦自動車安全基準） - UN-R155・156の実現のための具体的な規格は、国際規格ISO/SAE21434（車両特化のサイバーセキュリティ）、ISO/SAE24089（ソフトウェアアップデート）で規定
------	--

サイバーセキュリティの最新動向及び各国における取組

サイバーセキュリティの最新動向

米国は電子商取引共同声明イニシアティブにおいて交渉目標に対する支持撤回

2023年10月米国通商代表部(USTR)は、WTOの電子商取引共同声明イニシアチブにおいて、米国のデジタル貿易交渉目標に対する支持を撤回した。具体的には、国境を越えたデータの流れを保護しローカライゼーションを禁止する国際的規律の達成、及び米国が所有するソースコードを外国政府への強制開示から保護することである。背景として、現在米国は大手ハイテク企業に対する新たな規制を検討しており、国内における「政策的余地」を必要とするためとしている。米国は電子商取引に関するルールを定めるため通商協議に参加し続けると強調したが、政策の転換は、交渉相手としての信頼性に影響を与える可能性がある

各国におけるサイバーセキュリティの取組

団体	取組	詳細
自動車基準調和世界フォーラム (WP29)	自動運転のサイバーセキュリティとソフトウェア更新に関する提案書 (2023年)	自動車のサイバーセキュリティとソフトウェア更新に関する勧告の更新提案。本提案は自動車のサイバーセキュリティと車両外部の管理システムに関連する技術的要件を列挙し、技術要件を既存の国連規則 (UN-R155,156)と整合させることを目的としている。また、車両に関する技術的要求事項を規則に採用することを提案するものである
米国運輸省 道路交通安全局 (NHTSA)	自動車の安全のためのサイバーセキュリティのベストプラクティス (2022年度版)	NHTSAが自動車サイバーセキュリティを向上させるために自動車業界に対して行っている拘束力のない任意のガイダンスを更新したもの。車両・機器メーカーがこのガイダンスを検討し、自社システムに適用するかどうか、また適用する場合はどのように適用するかを判断することを推奨している。サイバーセキュリティの脆弱性は安全性に影響を及ぼす恐れがあるため、優先事項として取り組むべきとし、本書のような利用可能なガイダンスを公開している
欧州データ保護会議 (EDPB)	コネクテッドカー及びモビリティ関連アプリケーションにおける個人データ管理に関するガイドライン(2021年)	コネクテッドカーにおけるデータ保護とプライバシーに関するガイドラインを発表。同ガイドラインは、自動車メーカー、機器メーカー、自動車サプライヤー等に対する勧告を定めている。特にデータ主体（運転車、同乗者、車両所有者等）によるコネクテッドカーの使用に関連する個人データ処理に焦点を当てたものである

1. SDV・データ連携WGに関連する調査結果

1-1. SDV各国の政策動向

1-2. SDV技術的分析

1-3. OEM分析

1-4. 各技術要素の分析

1-5. API

1-6. セキュリティ

1-7. サービス分析

1-8. 実装動向

米国は投資と試験規模の大きさにおいて、日本より進んでいることが見受けられ、ロボットタクシーに対する社会受容性が関係していると考えられる

- ロボットタクシー事業を立ち上げる際、初期段階では保有台数が少ないため、赤字を避けることは難しく**多額の資金**が必要
- 研究開発や製造、組立・統合工程の大部分は、資金やパートナーシップを活用して自社で行う
- 流通は、事業を拡大し、さらなる収益源を生み出すために不可欠な要素である

日本より米国が優位な項目

	計画及び資金調達		研究開発		製造	組み立てと統合、試験		流通	アフターサービス
	計画	資金調達	プロトタイプ開発	規制		組み立てと統合	試験		
米国	2021年以来、WaymoとZeekrが提携し、国内におけるロボットタクシー運営を計画 - Zooxはソフトウェアを完成させる目的で自動運転車を開発	- ロボットタクシー企業はOEMや他の投資家から資金を調達 - ロボットタクシー新興企業Glydwaysが2023年10月までに計7千万ドル超を調達	WaymoとZeekrは提携以来プロトタイプを開発	カリフォルニア州公益事業委員会(CPUC)は、Waymoのロボットタクシーサービスを承認	- JaguarとWaymoは、自動運転車の開発で提携 - MotionalのロボットタクシーはHyundaiとAptivが製造	Waymoは自動運転車のソフトウェア統合にインテルの技術を利用	2023年2月よりZooxはカリフォルニア州の公道で、オフィス間の移動手段として社員を乗せ、自動運転ロボットタクシーの試験を実施中	Waymo OneによりWaymoの24時間365日自律走行ライドヘイリングを運営中	- Chrysler Pacifica Hybridを採用していた2017~2023年の間はAutoNationが車両メンテナンスを担当 - JaguarのI-PaceとZeekr電気自動車に関して情報はない
日本	ホンダは、2026年までの国内ロボットタクシー事業開始を目指してGM Cruiseと提携	- 国内ロボットタクシー業界に目立った企業・投資はない - Monet technologiesは、2019年に資金調達を実施	ホンダは、Cruiseと提携してCruise AVで都内を実証実験、Cruise Originでサービス開始予定	2023年4月、改正道路交通法の施行によりL4自動運転解禁 2023年10月、ティアフォーが物流施設内でL4運転の許可取得	車両制御にはAutowareが使用され、ティアフォーとAutonomouStuffの協力により実装された	ティアフォーはL4用のドライブ・バイ・ワイヤを開発し、トヨタ製品に搭載	- 西新宿でティアフォーが実地試験を実施 - 一般モニターを募集したEasyrideの神奈川県での実地試験が実施 - Monet technologiesは24年7月東京で実証実験を開始	2023年5月より永平寺の自動運転サービスに使用されている車両は、コンソーシアムによって開発された無人運転車 - 茨城県日立市に自動運転専用レーンを設置予定	ロボットタクシーの販売はない
分析	計画環境に大差は見られない	米国：実績があるため、投資が集まる 日本：社会的受容性が低いため、資金調達の例はごくわずか	プロトタイプの開発環境に大差は見られない	米国：州ごとの許可と規制がある 日本：2023年改正法が施行された	製造環境に大差は見られない	ロボットタクシーの組み立て環境に大差は見られない	米国：大規模公開試験 日本：小規模フィールド試験	米国：ロボットタクシーのサービスと商業化が整う 日本：試験段階	比較不可能

環境が異なる点

環境が類似している点

ロボットタクシーサービスにおいて、ティアフォーは障害物の誤検知やライダー性能の限界、運転許可未取得の課題に直面しており、Waymoに対して遅れを取る要因となっている

		Waymo（米）	ティアフォー（日）
走行距離	ロボットタクシーの総走行距離	公道で3,200km以上	日本各地における実証実験で計1,000km超
提携企業		GM、Jaguar、Volvo、Uber、Polestar	旧Mobility Technologies（現GO）、損保ジャパン、KDDI、アイサンテクノロジー
測定技術	自社製/他社製センサー	- カメラ19台 - ライダー：長距離用1台、中距離用1台、短距離用4台 - レーダー6台	ティアフォーはBarajaと提携し、LiDARSpectrum-Scan™を採用した
その他技術	アーキテクチャ	統合技術（SEA-M アーキテクチャ）	NVIDIA、Connect Tech、VECOW、Neousys、AAEON等の技術を採用
業界内の立ち位置	インフラ・規制	カリフォルニア州自動車局の完全無人ロボットタクシー許可第2号（Cruiseに次ぐ）	無人運転ロボットタクシー運用許可未取得
課題	実証実験	業務や問題点に関する十分なデータを、市へ提供していない	- 障害物の誤検知 - 自社製ライダーセンサーの限界（3rdパーティーに移行予定）
実証実験中の事故件数		2019年から2020年上半期の9か月間に18件の衝突事故と29件のヒヤリハット事故を起こした。2023年にはPOCが犬を轢いた事故の後に、1件の衝突事故を起こしている	-

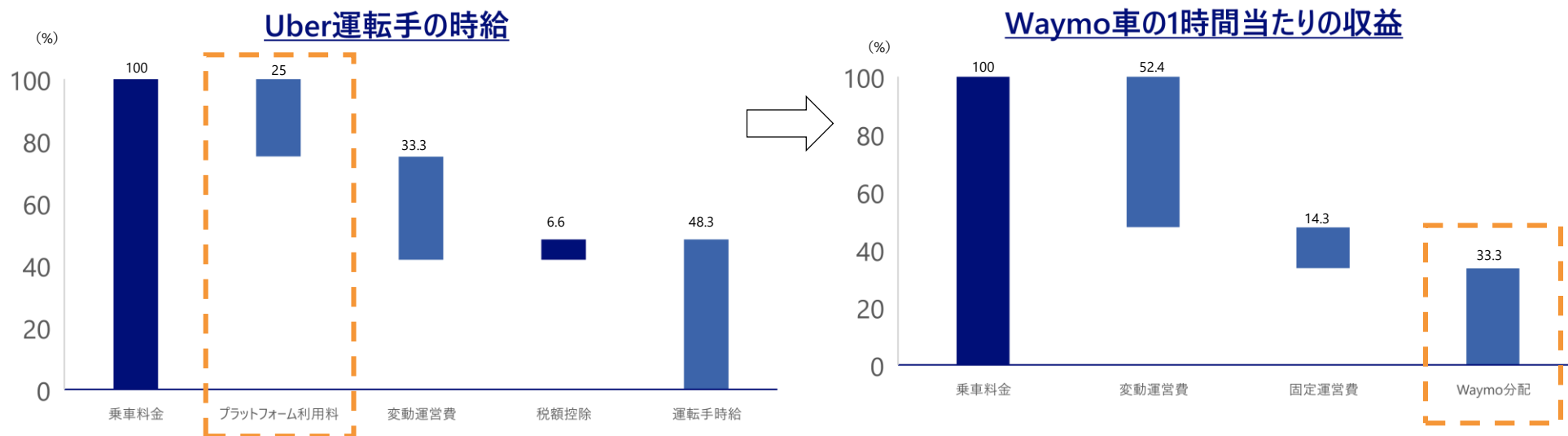
ロボットタクシーサービスを提供する企業は、提携を通じてビジネスを発展させている。ビジネスモデルとしては、自社展開やライドヘイリングサービス企業、デリバリー企業との提携がある

	Waymo（米）	GM Cruise（米）
提携企業	1. Lyft 2. Uber 3. Jaguar（ハードウェアのみ）	1. Walmart（食料品配達） 2. Doordash（料理配達）
提携の狙い	1. Lyftプラットフォームに10台の自動運転車を追加 2. Uberのアプリによる移動や、Uber Eatsによるデリバリーが利用可能になる 3. 最大20,000台のJaguar I-PACE電気自動車を今後の自律走行車両に組み込む予定	1. Walmartは、電動ロボットタクシーによるラストワンマイル配送を開拓し、持続可能な目標達成を目指す。これにより、Cruiseの新たな収益源が生まれた 2. Cruiseは乗客を乗せる前のロボットタクシーの試験運行を行い、Doordashが事業を前進させる
車両台数	全600台（2023年現在）サンフランシスコ市に250台、フェニックス市に300～400台	総車両台数：400台（サンフランシスコ、夜間300台、日中100台）
運営地域	フェニックス市（225平方マイル内を24時間営業） サンフランシスコ市 ロサンゼルスにも拡大予定	ロボットタクシーサービス：オースティン（午後8時～翌午前6時）、フェニックス（午後9時～翌午前5時）、サンフランシスコ（24時間） ドバイ：GM Cruiseのロボットタクシー5台がUAEのジューメイラでテスト走行を開始（2023年9月発表） 日本：GM Cruiseはホンダとの協業により栃木県でテスト走行を実施 Walmartの配達：平日午前8時から午後8時、顧客の需要に応じて配達エリアを設定 Doordashの配達：サンフランシスコで試験的に実施
車両/サービスの金額	車両価格：69,500米ドル（ライダー等のセンサーが別途必要） サービス価格：1.87米ドル/マイル、約0.77米ドル/分	ロボットタクシーサービス：90セント/マイル、40セント/分、その他基本料金5ドル、請求総額に1.5%加算（SFロボットタクシー市税）
予約方法	「Waymo One」アプリ、「Uber」アプリ	1. 注文後にCruiseのロボットタクシーによる配達が可能 2. 一部の顧客が、注文した料理をロボットタクシーで配達してもらうことが可能（対象はDoordashが決定）
収益源	Waymoの1時間当たりの収益性は、30%を超える	会社の費用は通常のタクシーより少し割高だが、運転手との収益分配がないため、利益は従来のタクシーより多い

*Cruiseは歩行者事故により2023年10月より運行を停止。
現在点において、米国でCruiseのロボットタクシーは運用されていない。ソフトウェアに問題があるため、解決次第再申請の予定である。

無人の自動運転車を導入した場合、従来のタクシー運転手に支払っていた給与分は、タクシー運営会社の収益として見込まれる

従来のタクシーと比較したWaymoの利益



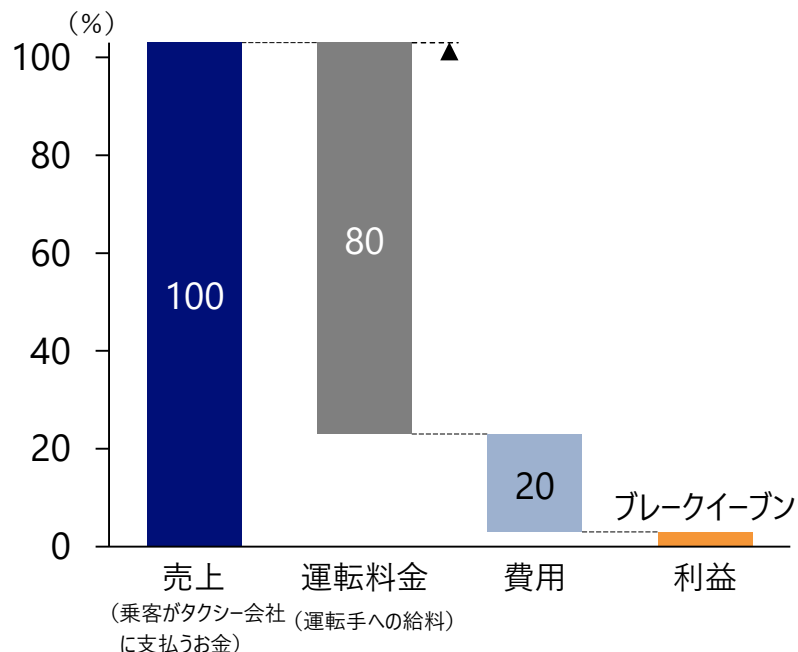
- プラットフォーム利用料：Uberが運転手に請求する乗客と繋がるための料金
- 税額控除：運転手が手数料や通行料等の一般的な運転経費から差し引くことができる金額
- 最低でも、Uber料金のおよそ半分が運転手に支払われる

- 変動運転費用：車両の使用状況に応じて変動する費用（燃料費、メンテナンス費、修理費等）
- 1時間あたりの運賃が安く、運営費用が高くても、Waymoの収益率は30%を超える

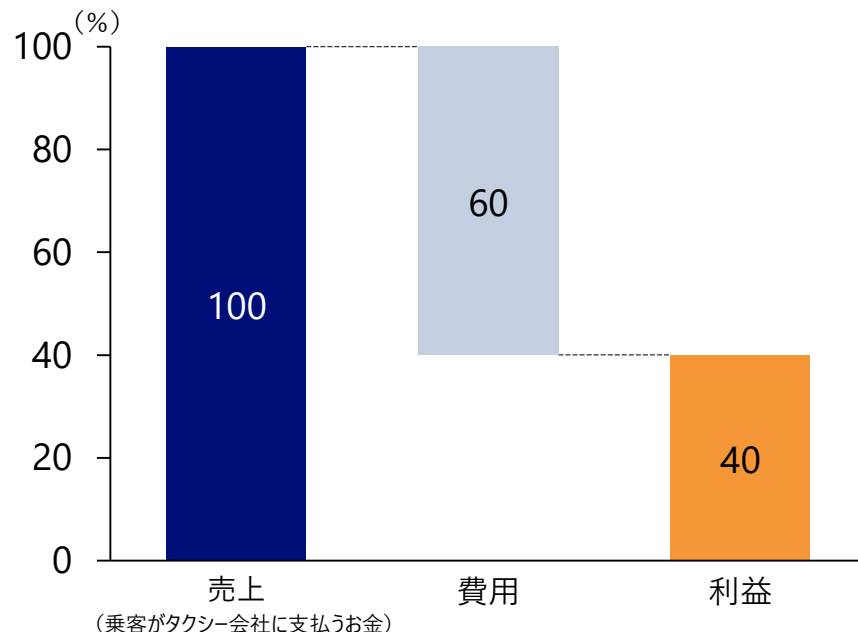
運転手の人件費がWaymoの収益チャンス

GM Cruiseのロボットタクシーは、従来のタクシーに見られるような莫大な運転手料金の負担がないため、利益を上げられる

サンフランシスコにおける
人間ドライバーによる運転サービス



初期のCruise



従来のタクシーとGM Cruiseによるロボットタクシーの収益構造比較

- サンフランシスコ市のライドシェア市場では、1マイルあたりのコストは約5米ドル (100%) で、その大半の8割が運転手に支払われ、運営企業には2割しか残らない
- GM Cruiseの事業モデルには、以下の2つの根本的な違いがある。
 1. 収益を運転手と折半するのではなく、全額回収可能
 2. 収益に対するコスト比率が小さいため、乗車料金を減額しても利益を上げることが可能



Cruise CEO
Kyle Vogt氏

- Cruiseは規制当局の認可を得るまで乗車料金を徴収して**おらず**、そのために赤字に陥っていた。しかし、Cruiseは2030年までに年間**500億米ドル**の収益を生み出すという予測に自信を持っている
- 2023年中には、**1マイルあたりの運用コストは着実に減少**し続け、現在の状況は改善の兆しが見られる。この進展により、Cruiseは2025年までに**年間10億米ドルの収益**を達成する見通し

1. SDV・データ連携WGに関連する調査結果

1-1. SDV各国の政策動向

1-2. SDV技術的分析

1-3. OEM分析

1-4. 各技術要素の分析

1-5. API

1-6. セキュリティ

1-7. サービス分析

1-8. 実装動向

日系OEMは実証実験に取り組み、企業との提携も進めている

■ホンダ

- 24年2月、協調人工知能「Honda CI」を搭載したCIマイクロモビリティの一般向け自動走行技術実証実験を開始

- CIマイクロモビリティの技術実証実験に関して、2024年2月に「アグリサイエンスバレー常総」にて一般向け自動走行技術実証を開始

- 23年10月、GM、GM Cruiseと、2026年初頭に無人運転による乗車サービスを開始する計画

- GM、GM Cruiseと2024年前半に合併会社を設立する覚書を締結した。日本での無人運転による乗車サービスの提供を目指す
- Cruise Originは、上記3社が共同開発した自動運転車で、運転席やハンドルがなく、6人が同時に対面乗車できる広い車内空間が特徴
- 同サービスは2026年初頭に東京都心部で、数十台のCruise Originで開始され、500台規模に運用が拡大される見込み



自律移動サービス専用のプロトタイプ車両
「Cruise Origin」

■日産

- 24年2月、自動運転モビリティサービスの事業化に向けた取組を発表

- 2024年度より横浜みなとみらい地区にて走行実証実験を開始し、2025年度以降実験を行う地域や規模の拡大を目指す

- 23年9月、欧州日産が支援する、英国での自動運転モビリティ研究プロジェクトが始動

- 欧州日産が支援し、英国政府が資金を提供する英国最新の自動運転研究プロジェクト「evolAD」が始動
- 英国における将来の自動運転技術の大規模展開に向けた英国のサプライチェーンの準備を技術的にサポート



自動運転技術を搭載したEVの「日産リーフ」のテスト車両

■トヨタ

- 24年2月、お台場で自動運転車両を使用した送迎サービスを7月に開始する計画を発表

- サービスはMONET Technologiesが手掛け、トヨタのミニバン「シエナ」をベースとした車両を用い、運行ルートはトヨタグループがお台場に新設するアリーナ周辺となる予定である
- レベル4の実現が可能か事業化に向けた検証が行われる見通し
- トヨタは2021年の東京五輪・パラリンピックの選手村でも、自動運転の電気自動車（EV）「e-Palette」を運行



東京オリンピック仕様のAutono-MaaS専用EV
「e-Palette」

ティアフォーやBOLDLYは複数のエリアで実証実験を行い自動運転バスの社会実装を目指す

■ティアフォー

- **24年3月、石川県小松市で自動運転バスの通年運行を開始**
 - 小松市、BOLDLY、ティアフォー、アイサンテクノロジー及び損保ジャパンの5者が連携し、自動運転EVバスの長期試験走行を実施
 - 自動運転バスは、JR小松駅と小松空港を直接結ぶ快速便として、2024年3月9日に通年運行を開始
- **24年1月、新潟県佐渡市で自動運転サービス導入を見据えた実証実験を開始**
 - ティアフォーとWILLERは、新潟交通佐渡株式会社と連携し、新潟県佐渡市において全長約36kmの国内最長ルートの自動走行技術の実証開始
- **23年10月、レベル4自動運転の認可を取得**
 - ティアフォーは、物流拠点GLP ALFALINK相模原で開発・運用していた自動運転システム「AIパイロット」に対して自動運転システムレベル4の認可を取得
 - 認可の対象となったGLP ALFALINK相模原の敷地内通路は、道路交通法が適用される道路であり、歩行者と一般車両が混在する環境
- **23年8月、塩尻市で新型EVバスを用いた自動運転レベル4に向けた走行試験を開始**
 - 2025年度の導入を目指す自動運転移動サービスの想定ルートの一部を日常的に走行し、技術的な検証を実施
 - ドライバーによる介入頻度やその発生地点、シチュエーション等のデータを収集、これをもとに自動運転レベル4に向けた技術開発をさらに進める
- **23年6月、西新宿エリアにおける自動運転モビリティの継続的な走行を発表**
 - 23年7月から毎月3日間程度、西新宿エリアの活性化に向け、自動運転モビリティの運行を開始



ティアフォーが開発したE/EアーキテクチャとAIパイロット



量産型自動運転EVバス

■BOLDLY

- **24年3月、石川県小松市で自動運転バスの通年運行を開始**
 - 小松市、BOLDLY、ティアフォー、アイサンテクノロジー及び損保ジャパンの5者が連携し、自動運転EVバスの長期試験走行を実施
 - 自動運転バスは、JR小松駅と小松空港を直接結ぶ快速便として、2024年3月9日に通年運行を開始 (左記同様)
- **24年2月、高松市の屋島山上で自動運転EV「MiCa」を実証運行**
 - BOLDLYは、2024年2月23日～3月3日に、高松市の屋島山上の公道でエストニアAuve Tech社製自動運転EV「MiCa (ミカ)」の実証運行を行う
- **24年2月、愛知県小牧市の公道で自動運転車両を実証運行**
 - BOLDLYは、愛知県小牧市が実施する自動運転実証調査事業を受託し、2024年2月13日から26日までの14日間、小牧市内の公道で自動運転車「ARMA」を実証運行する
 - 実証調査の全体統括に加え、車両の提供や自動走行の設定、BOLDLYが開発・提供する運行管理システム「Dispatcher」の提供及び運行・遠隔監視業務を行う
- **24年2月、千葉県横芝光町で自動運転バスの通年運行を開始**
 - BOLDLYは、千葉県横芝光町及び京葉銀行と共同で、2024年2月2日に横芝光町で自動運転バスの通年運行を開始
- **23年6月、臨海副都心エリアの都有地で回遊型の自動運転EVバスを運行**
 - 2023年6月30日～7月9日までの10日間、東京都臨海副都心エリアで「令和5年度臨海副都心における自動運転技術を活用したサービスの構築に関するプロジェクト」として回遊型の自動運転EVバスを走行



自動運転車両

JR東日本は自動運転バスレベル4の認可を取得。WILLERやマクニカは、各地で実証を行う

■JR東日本

・ 24年3月、気仙沼線BRTにおける自動運転バスレベル4の認可を取得

- JR 東日本は、気仙沼線 BRT の柳津駅～陸前横山駅間において実用化を目指している自動運転バスのレベル4 自動運転車としての認可を受けた
- 東北地方初の認可となるほか、日本で初めての最高速度 60 km/h での認可となる
- 今後、同区間で自動運転レベル4での営業運転実現を目指す



自動運転バス

・ 23年5月、新幹線の自動運転について技術協力をすることを発表

- JR 東日本と JR 西日本は、社会環境が変化する状況において、効率的でサステナブルな鉄道経営を維持し、より安全かつ利便性の高い輸送サービスの実現を目指し、自動運転導入に向けた検討、開発を行う

■WILLER

・ 24年2月、鳥取市で自動運転サービス導入を見据えた実証実験を開始

- WILLERとティアフォーは、日ノ丸自動車、日本交通と連携し、鳥取市次世代モビリティ推進会議協力のもと、鳥取市の中心部において、自動運転サービス導入を見据えた実証実験を2月15日から25日までの11日間実施する

・ 24年1月、新潟県佐渡市で自動運転サービス導入を見据えた実証実験を開始

- ティアフォーとWILLERは、新潟交通佐渡株式会社と連携し、新潟県佐渡市において全長約36kmの国内最長ルートの自動走行技術の実証開始(前頁同様)

・ 23年度、名古屋市内都心の道路環境に対応したスムーズな自動走行の検証を実施予定

- WILLERが愛知県より事業委託を受け、モバイルアイジャパン、名鉄バス、イオンタウンと協力して実施
- 名古屋駅付近とイオンタウン千種を結ぶ若宮大通を中心としたルートで、およそ4km強となる見込み
- 幹線道路において交通の流れ、車速に沿った自動走行を検証
- 交通量の多い中での停車車両の回避、右左折、車線変更等の自動化を検証
- 運転席は有人

■マクニカ

・ 24年2月、沖縄県南城市にて自動運転EVバスと路車協調を連携活用した公道実証実験を実施

- ハンドル・アクセル・ブレーキペダルのない自動運転EVバスであるGAUSSIN MACNICA MOBILITY社の「ARMA」を手動走行し、南城市の地域交通の維持・確保や観光客の二次交通情報の活用により、より安全かつ効率的な遠隔監視を可能とし、安全性の高い自動運転モビリティシステム構築を目指す

・ 24年2月、自動運転EVバスのレベル4対応新車両が国内初となる公道での定常運行を開始

- 茨城県常陸太田市において、マクニカが提供する、特定環境下にてレベル4に対応した最新型車両である自動運転EVバス「NAVYA EVO」の国内初となる定常運行を2024年2月16日より開始

・ 24年2月、福岡市で自動運転EVバスの公道実証実験を開始

- マクニカは、福岡市JR箱崎駅周辺エリアにて自動運転EVバスの公道実証実験を実施
- 同地区の実証実験では初のインフラ連携による信号・路車協調もあわせて実施

・ 23年10月、北海道岩見沢市で自動運転EVバスの公道走行実証実験実施

- 交通密集地域として「JR岩見沢駅と北海道教育大学岩見沢校の間」の往復と、住宅地域として「北村地区」の循環ルートを設定

国内各地で無人トラックの実証実験が進行中。また、今後宅配ロボットの活用が期待される

■ いすゞ

- 23年10月16日から11月22日、
秋田港で自動運転トラック技術の実証実験実施
 - 先導トラックを自動運転トラックが追従する形態により2台で走行するが、安全性を確保するため、自動運転トラックも有人として実験を行う
 - 期間を前半と後半に分け、1本あたり2kmほどの走行ルート2本を使用して検証中
 - 厳しい気象条件(強風、降雪等)において、主に公道への進入、信号の認識による減速・停止・発進、指定場所での停止、障害物や歩行者の回避、GNSSによる自己位置推定の精度について検証を行う



自動運転トラック



運行ルート・安全検証ポイント

■ ZMP

- 24年2月、西新宿エリアのサービス検証に**自動配送ロボ「DeliRo (デリロ)」**を提供
 - ZMPは、NTTコミュニケーションズが東京都西新宿エリアで実施する遠隔操作型小型車の自動配送ロボットを活用した、フードデリバリーおよびラッピング広告のサービス検証にロボットを提供
 - 自動配送ロボ「デリロ」は、ZMPが自動運転技術開発で培った自律移動技術を応用してラストワンマイルの物流課題解決を目指し開発された
- 23年5月、宅配ロボットによる**敷地内自動配送ソリューション受注開始**
 - 屋内外問わず走行可能な宅配ロボットの「DeliRo Truck (デリロ トラック)」を活用し、広い敷地内に点在する建物間での荷物の運搬を自動化するもの
 - 工場や教育・研究機関での文書配達・倉庫間荷物輸送、病院内物資輸送、会社内郵便物分配などでの利用を想定している



宅配ロボットDeliRo Truck

■ T2

- 23年8月、幹線輸送サービスの**早期社会実装に向けKDDIと提携**
 - 23年8月には自動運転トラックの遠隔監視などに適したモバイル通信の活用検討や周辺技術の開発を進める目的で、KDDIと提携。自動運転技術を活用した幹線輸送サービスの早期社会実装を実現する
- 23年4月**高速道路上での自動運転トラックの走行に成功**
 - T2は、東関東自動車道谷津船橋IC～湾岸習志野IC間において自動運転トラックでの走行実験を実施



トラックの公道実験

欧米では企業提携が進み、既存サービス拡大により地域内での存在感が強まっている

■Waymo（米）



- **24年3月、Waymo Oneのサービスを拡大する計画を発表**
 - 24年3月、一部の一般を対象にロサンゼルスで完全自動運転のライドサービスを提供開始
 - 同月、オースティンでのテストを開始し、24年後半Waymo Oneのライドサービスを提供予定
- **24年1月、フェニックスの高速道路で完全自動運転のテスト開始を発表**
 - Waymoはフェニックスの高速道路で、ドライバーが乗車しない完全自動運転のテストを開始
- **23年8月、サンフランシスコ全域でドライバー不要ライドヘイリングサービス提供のための認可を取得**
 - ロボットタクシーサービスを拡大し、サンフランシスコ全域で24時間365日ドライバー不要のライドヘイリングサービスを提供するため、カリフォルニア州公益事業委員会(CPUC)から規制認可を取得
- **23年5月、自動運転を活用したデリバリーサービス提供に向けUberと提携**
 - Uberと複数年契約を締結。これによりWaymoは、自動運転によるライドヘイリングサービスとUber Eatsでのデリバリーサービスを提供予定
- **23年3月、JaguarのI-PACEへ移行**
 - Chryslerのハイブリッド車両PacificaからJaguarのI-PACEによる完全電動ロボットタクシーに移行し、Waymo Oneでの配車に対応



電気自動車Jaguar I-PACE

■Oxa (旧Oxbotica)（英）



- **24年2月、商用自動運転ソフトウェアを初導入**
 - 自動運転ソフトウェアOxa Driverは、2024年に米国と英国の都市で8つの旅客サービスに導入される予定
- **23年11月、ベルファストにおける自動運転シャトル運行を25年初頭に開始する計画を発表**
 - eVersumが製造し、Oxaの自動運転ソフトウェアが運転するシャトルが、2025年初頭に乗客の輸送を開始予定
- **23年10月、eVersumと自動運転旅客シャトルの開発と展開で提携**
 - OxaとeVersumは自動運転旅客シャトルの開発と展開で提携
 - 欧州と米国の公共交通事業者提供予定
- **23年8月、Beepと自動運転車の全米展開で提携**
 - OxaはBeepと、Oxa Driverを搭載した車両を展開するためのパートナーシップを締結
 - Beepは米国全土でテストと運行を継続
- **23年3月、Google Cloudと自動運転ソフトウェアの拡張で提携**
 - OxboticaはGoogle Cloudのインフラを利用し、ラストマイル物流や農業、軽工業、公共交通機関などの顧客向けに自動運転ソリューションを構築



OxaとeVersumの自動運転シャトル



OxaとBeepの自動運転シャトル

米国、欧州ともに自立走行車両またはロボットによる無人配送の実装が進む

■Gatik (米)



- 23年9月、サプライチェーンの効率最適化に向けアーカンソー州北西部に自動運転トラックを導入
 - GatikとTyson Foodsは、アーカンソー州北西部におけるルート強化のため、自律走行型冷蔵ボックストラックを配備する複数年の協業を発表
- 23年3月、Krogerと提携
 - サプライチェーンの効率化を図るため、米小売業者Krogerと配送契約を締結し、23年内に従業員を倍増する方針
 - 24年から5年で、新たに全米15州への進出を目指す
- 22年10月、カナダでサービス開始
 - カナダのオンタリオ州で食品・医薬品小売業者Loblawのオンライン注文サービス向けに、カナダ初の完全無人食料品配達を開始
- 22年8月、テキサス州ダラスでサービス開始
 - 米輸送・郵便業者Pitney Bowesと提携し、Eコマース物流のサービスレベルと信頼性、配達速度の向上と輸送コストの削減を目指す



カナダでレベル4の無人トラックにより食料品を配達



複数の地域で運用されている無人トラック

■Clevon (エストニア)



- 24年2月、リトアニアの公道に自動搬送ロボット25台を25年に導入する計画を発表
 - Clevonは、25年に25台の自動搬送ロボットをリトアニアの公道に導入することを目指し、宅配サービス新興企業LastMileと協力
- 23年8月、米テキサス州ノースレイクで自動配送を商業化
 - Clevonは、配送サービスなどを手掛ける米PostNet Northlakeと共同で小包の配送など郵便サービスを商業化
- 23年6月、リトアニアの首都ビリニュスの公道で配達開始
 - リトアニアに本社を置く大手スーパーマーケットチェーンIKIおよび、IKIが一部所有する宅配サービス新興企業LastMileと提携
 - 多様なサイズの施錠可能なロッカーを装備した自律搬送ロボット（ARCs）により、一度に7件までの配達に対応可能
- 22年8月、DHLと提携
 - 世界的物流企業DHLと提携し、DHL Express Estoniaの社内荷物をエストニアの首都タリンにある3つのオフィス間で配送する公道テストを実施
- 22年5月、DPD Eestiと提携
 - 宅配便企業DPD Eestiと提携し、欧州初の無人自律走行車による、顧客への配達達成
 - 公道を走行し、半径5km以内の複数の目的地への輸送が可能



DHLと提携し、テストを実施



自律型配達ロボット

オーナーカーのAD/ADASの市場動向は、一足飛びにレベル4の商品化を目指すのではなく、当面、レベル2の運転支援技術の高度化やレベル3に向けたアプローチをとることが主流

AD/ADASおよびコネクテッドカーの上市・上市予定状況

凡例 上市済 上市予定あり		AD / ADAS					コネクテッドカー (通信機搭載)
		高速道				一般道	
		レベル2	レベル2 (ハンズオフ)	レベル3	レベル4		
日本	政府				25年に実現	21年、AEB義務化	
	トヨタ	上市済	上市済				22年度、 主要市場で100%目標
	日産	上市済	上市済				
	ホンダ	30年、先進国 全新車導入目標	上市済	上市済 (渋滞時限定)		レベル3、 20年代半ばから適用開始	上市済
	スバル	上市済	上市済 (渋滞時限定) 順次、拡大予定			レベル2、20年代後半	22年、 主要市場で80%目標
	マツダ	22-23年 中型SUVへ拡大				22年、DEA上市済(同一車線内減速・停止 機能)、25年以降退避方法を進化予定	上市済
米国	政府					(NHTSAとOEM20社が23年AEB標 準搭載の任意合意)	-
	GM	上市済	22年、6車種、 23年、22車種に拡大			レベル2 (ハンズオフ)、23年	Cellular,DSRC 上市済
	Ford	上市済	22年上市済 F150,MustangMachE				Cellular：北米100%
	Tesla	上市済	上市済		25年	レベル2	Cellular:100%
欧州	政府	-			-	22年 対車両AEB義務化 24年 対人AEB義務化	18年、eCall義務化
	VW	上市済	上市済	時期未定	26年 (高速or一般不明)	レベル2	Cellular：欧州100% DSRC：上市済
	BMW	上市済	上市済 (渋滞時限定)	24年			Cellular 欧州100%
	Mercedes	上市済		上市済 (渋滞時限定)		レベル2,3,4(自動駐車) 時期未定	Cellular 欧州100%
	Audi	上市済		(レベル3搭載車あり)	レベル4、25年 (高速道か一般道かは不明)		Cellular 欧州100%

Teslaのレベル4の自動運転機能はベータ版の段階にあり、Volkswagenは2026年までのレベル4技術搭載車の開発・量産を目指している

Tesla FSD

- レベル4の自律走行が可能な
フルセルフドライビング (FSD) ベータ版
- 搭載機能は以下の通り
 - 信号機と一時停止のコントロール (ベータ版)
 - 市街地において走行車線を維持するオートステアリング
 - 拡張版オートパイロット (車線変更機能、自動駐車機能、スマートサモン：呼び寄せ機能)
 - 2023年1月時点で、米国とカナダで合計40万件の契約
 - 名前通りFSDはL4を実現できる能力はあるが、Teslaは規制上、消費者には常にハンズオンであるように勧めている



Volkswagenの取組

- 2026年から航続や充電速度、デジタル化の面で核心を遂げ、レベル4の自律走行が可能な新型EVの量産を目指す
- 2021年より上記内容の「Project Trinity」が進行しているものの、20億ユーロを投じた、ドイツのヴォルフスブルグでの新工場建設の予定は遅れている
- 同工場が稼働開始した際には、最先端のフルネットワーク化された生産プロセスの手本となるといわれる





**Envision the value,
Empower the change**