

自動車業界の革新、自動運転技術について

2023年3月9日

於) 青山ウィメンズプラザ

七五三木 敏幸

経歴

- 2020/1-現在：ケーニッグセグ ビンゴスポーツ CEO
トライパワーズ株式会社 代表取締役
 - 2020/12-2021/10：SteraVision株式会社 取締役会長
 - 2019/8-12： ポルシェジャパン株式会社 特命担当役員
 - 2014/2-2019/7：ポルシェジャパン株式会社 代表取締役社長
 - 2012/3-2014/1：フィアットクライスラージャパン 代表取締役営業本部長
 - 2009/7-2012/2：クライスラー日本株式会社 代表取締役社長兼CEO
 - 2007/11-2009/6：クライスラー日本株式会社 営業部長
 - 2006/1-2007/10：ダイムラークライスラー日本 クライスラー営業部長
 - 1989/2-2005/12：メルセデスベンツ日本/ダイムラークライスラー日本にて販売店開拓/地域担当/
営業推進/販売生産計画/マーケティング/新車整備を担当 2000年にダイムラークライスラーAGに
よる三菱自動車買収プロジェクトに参画
- 1982/4-1989/1：株式会社群馬銀行 融資/預金窓口/中小企業向け営業担当

CASE

自動運転とは

自動運転の歴史

自動運転の現状

自動運転の今後の展望及び課題

自動運転の技術(LiDAR)

CASE

自動運転とは

自動運転の歴史

自動運転の現状

自動運転の今後の展望及び課題

自動運転の技術(LiDAR)

CASE = 自動車産業の今後を象徴する造語

C A S E

“Connected”
つながるクルマ

“Autonomous”
自動運転

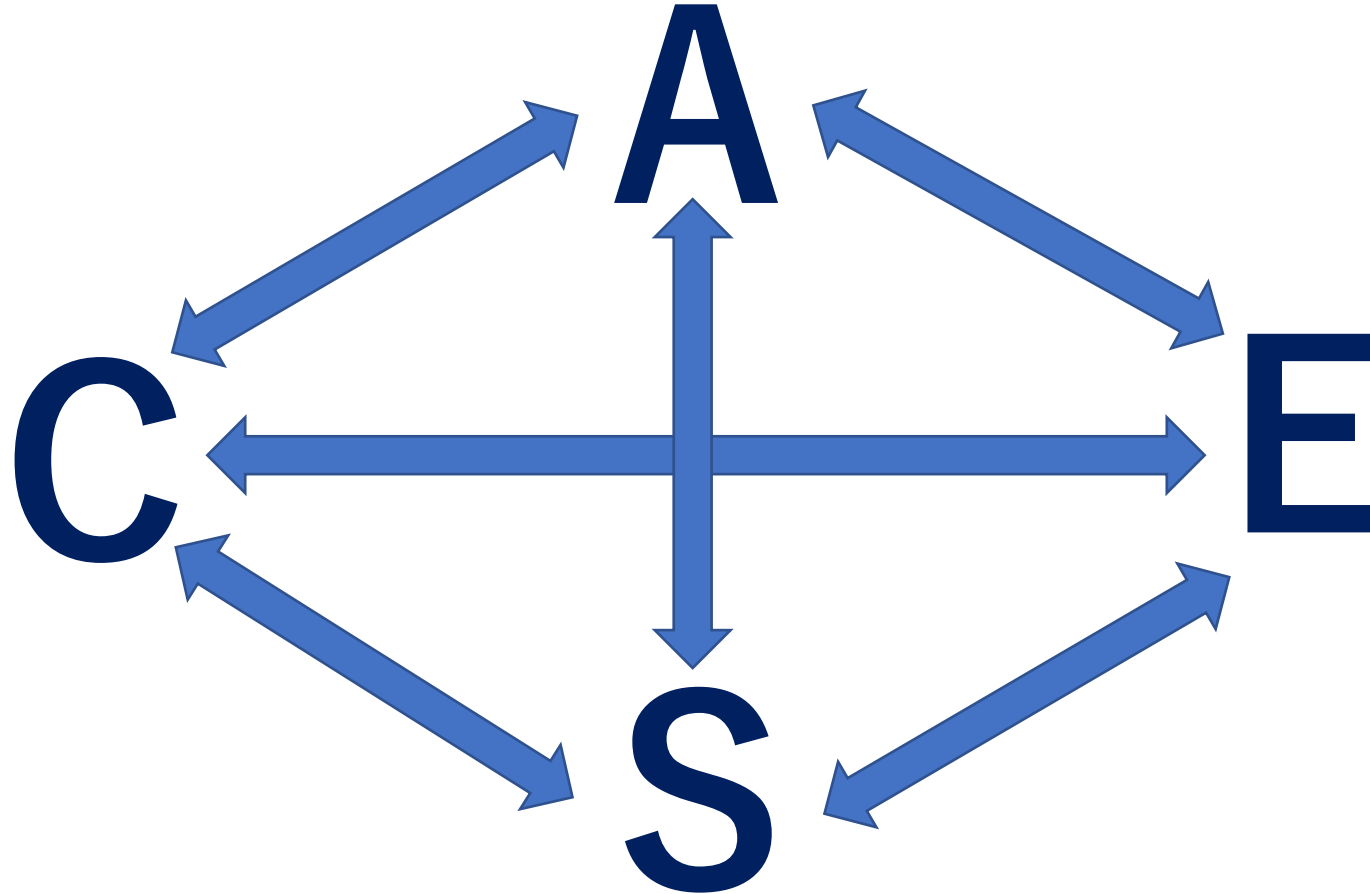
“Shared & Service”
カーシェアリングと
関連サービス

“Electric”
電気自動車

CASEは、Connected（コネクテッド）、Autonomous（自動運転）、Shared & Services（カーシェアリングとサービス）、Electric（電気自動車）の頭文字をとった造語。2016年のパリモーターショーにおいて、ダイムラーAGのCEOディーター・ツェツェが発表した中長期戦略の説明中に使用したもの。以来自動車産業の“今後”を象徴する言葉として一般化

CASE = 自動車産業の今後を象徴する造語

CASEの4要素は全て密接に繋がっている



例えば：コネクテッド機能を搭載した完全自動運転EVの無人タクシー

CASE

自動運転とは

自動運転の歴史

自動運転の現状

自動運転の今後の展望及び課題

自動運転の技術(LiDAR)

自動運転とは

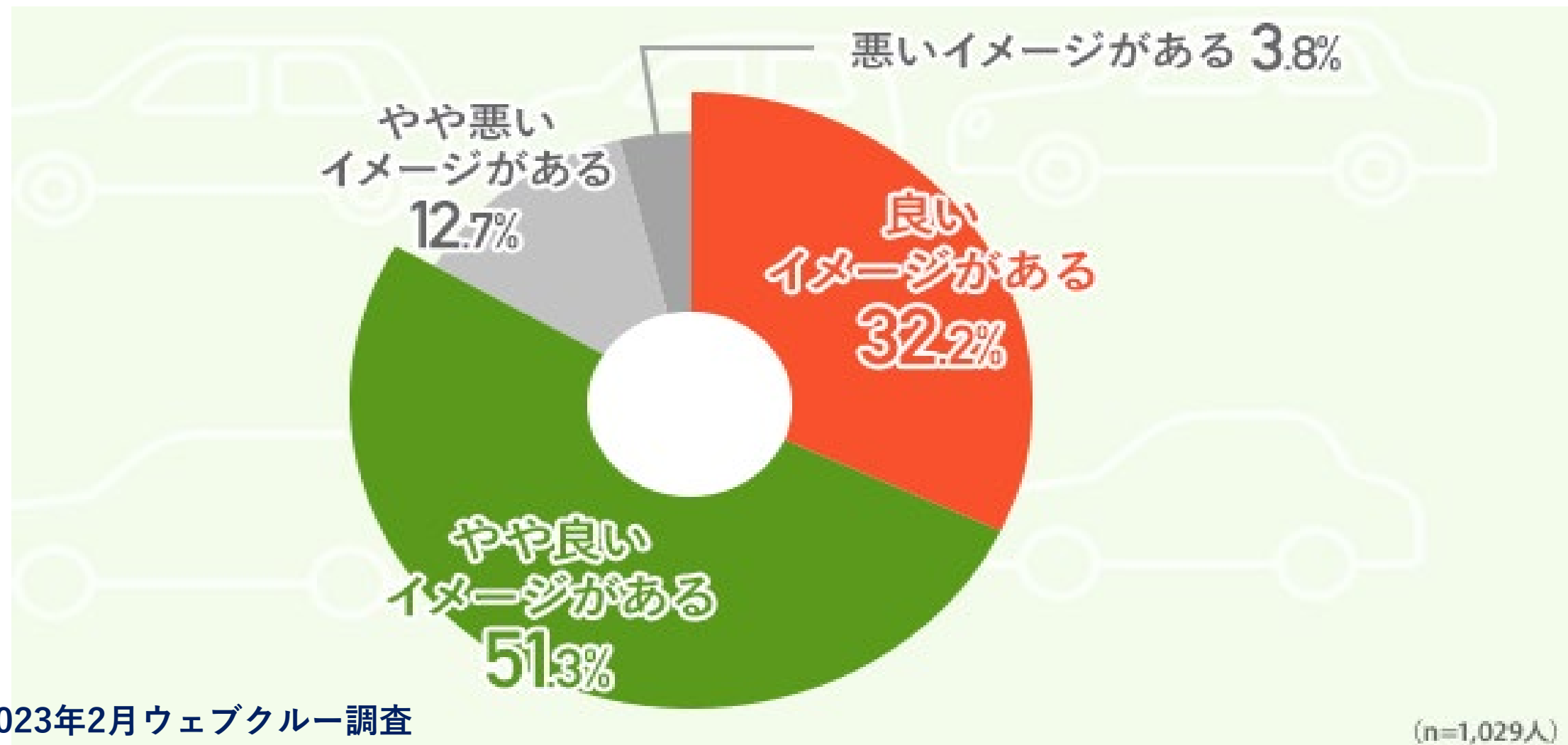
レベル1-3（監督者は人間）

- 人間の管理下でセンサー、カメラ、GPS、AI等を駆使して車両が自律的に運転する

レベル4-5（監督者は車）

- 車両は人間の管理下になく、センサー、カメラ、GPS、AI等を駆使して車両が自律的に運転する

自動運転のイメージ



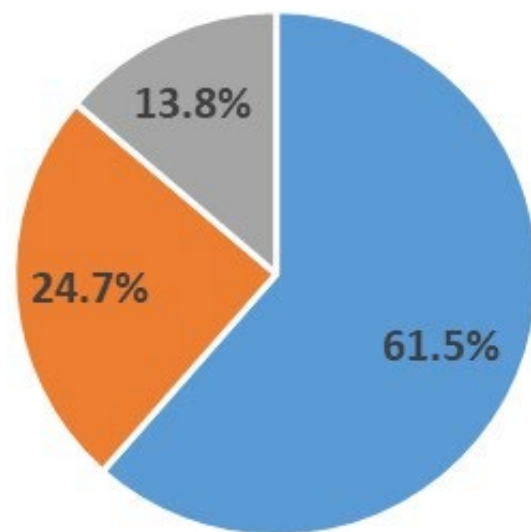
2023年2月ウェブクルー調査

(n=1,029人)

自動運転のイメージ

自動運転が実現したら、乗ってみたいですか？

(n=1,086)

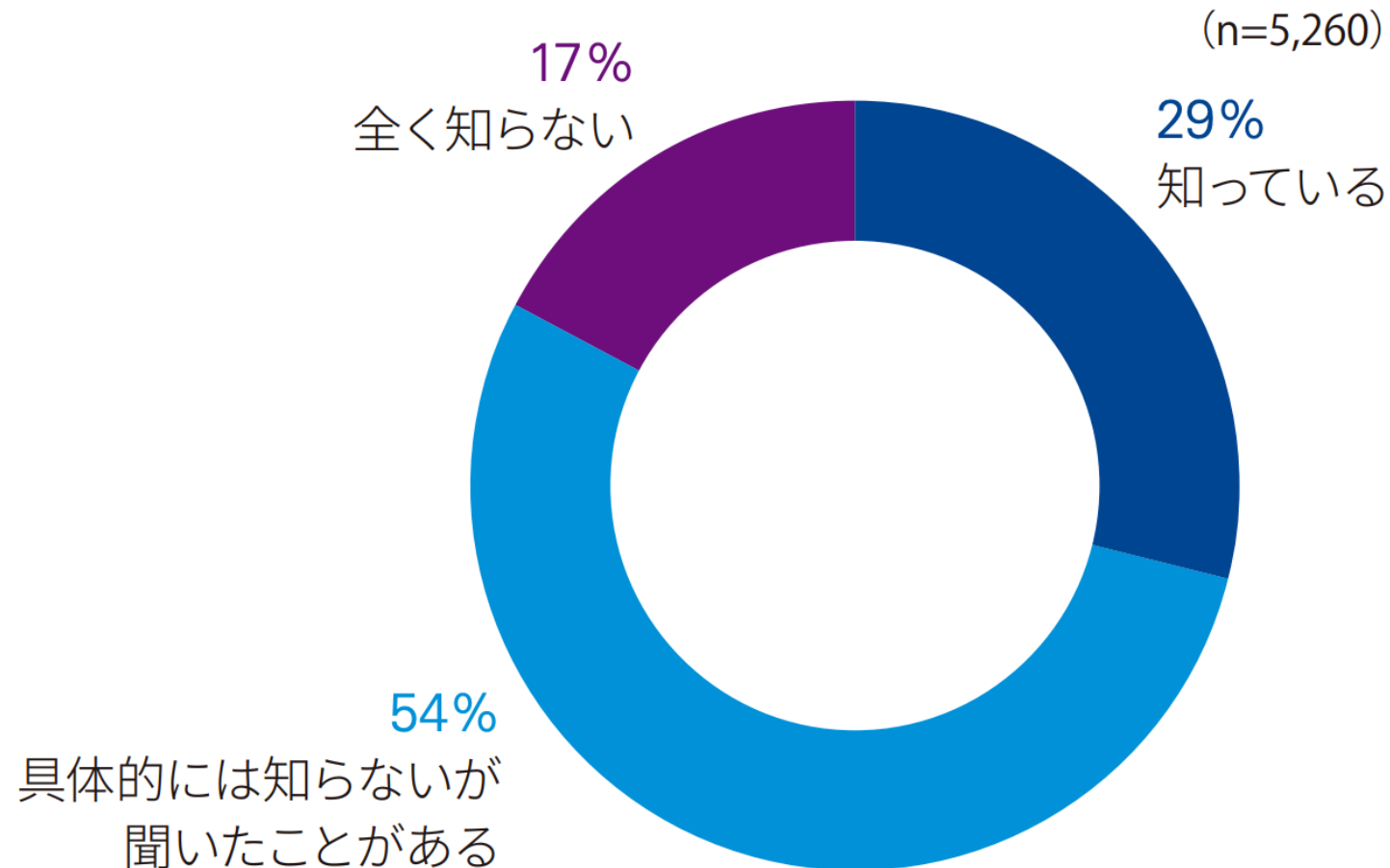


■ 乗ってみたい ■ どちらでもない ■ 乗りたくない

2020年4月エアトリ調査

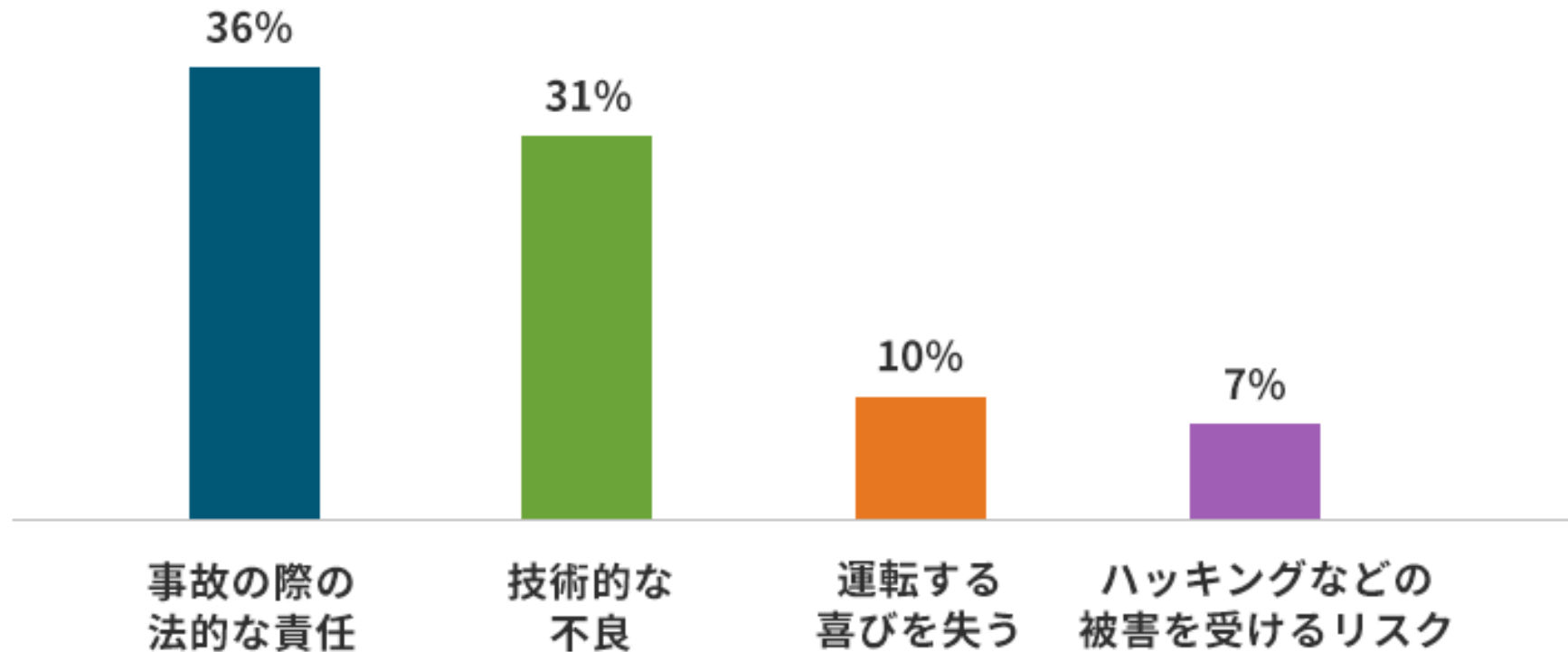
自動運転のイメージ

我が国では2025年にむけて自動運転を実用化する動きが進められていますが、そのような取り組みが進められていることを知っていますか。



自動運転のイメージ＝ネガティブ要因

完全な自動運転の車についてあなたの最大の懸念はなんですか？

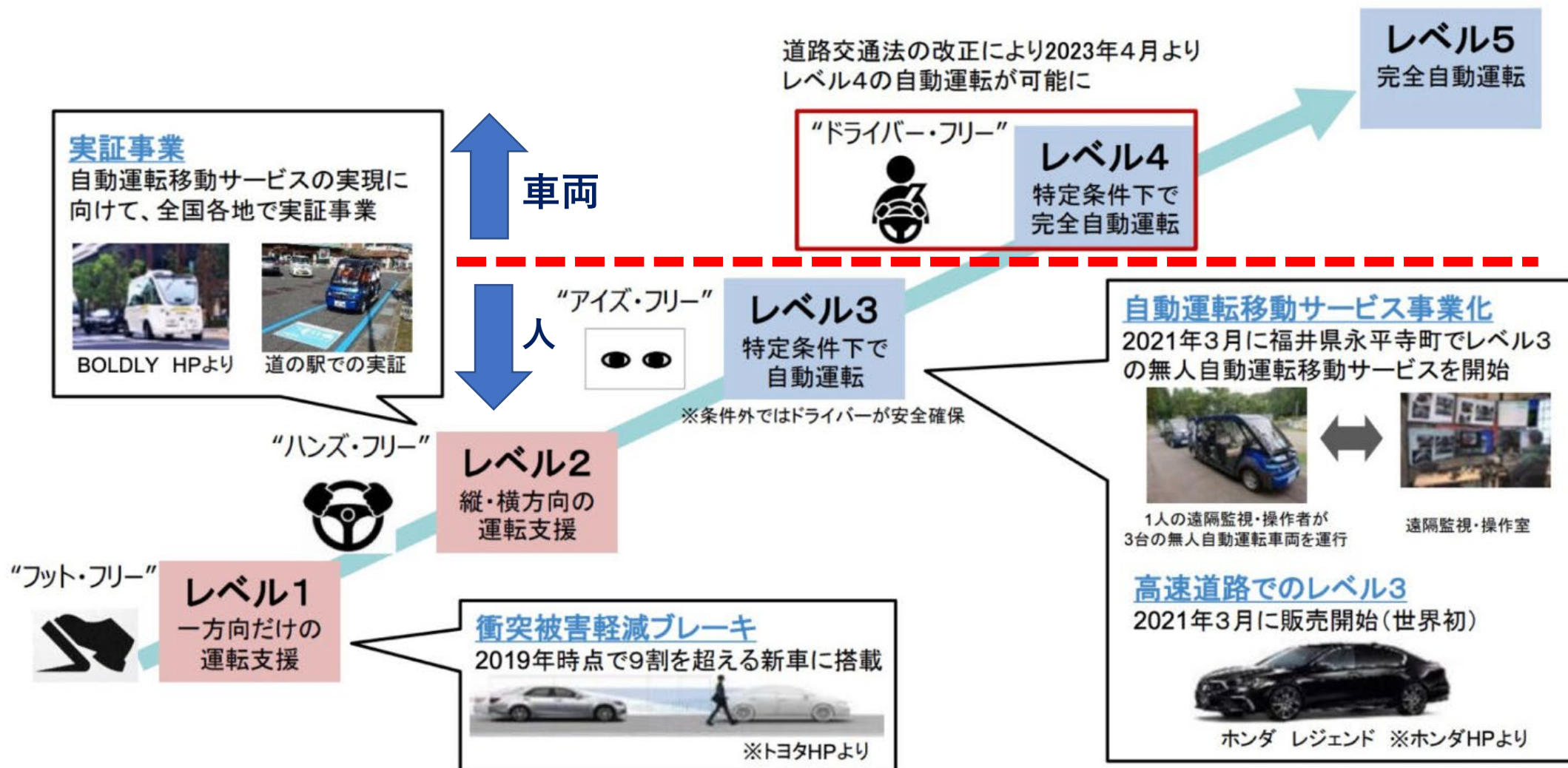


2020年4月エアトリ調査

自動運転のメリット

- 交通事故リスクの低減（ヒューマンエラーの排除）
- 交通違反の消滅（反則金総額：年間500億円）
- 道路空間の有効利用と渋滞緩和
- 駐車場用地の有効活用
- 地方都市における公共交通の確保
- ドライバー不足の解消
- 環境負荷の低減効果
- 運転していた時間が可処分時間に
- 宅配便等ロジスティックコストの低減

自動運転技術の種類-1



自動運転技術の種類-2

NHTSA レベル	SAE レベル	SAEに おける 呼称	SAEにおける定義	ハンドル操作 と加速／減速 の実行主体	走行環境の モニタリング	運転操作の バックアップ 主体	システム能力 (運転モード)
			ドライバーが自ら運転環境をモニタリング				
0	0	手動	ドライバーが、常時、全ての運転操作を行う。	ドライバー (人間)	ドライバー (人間)	ドライバー (人間)	
1	1	補助	運転支援システムが走行環境に応じたハンドル操作、あるいは、加減速のいずれかを行うとともに、システムが補助をしていない部分の運転操作をドライバーが行う。	ドライバー (人間) +システム	ドライバー (人間)	ドライバー (人間)	いくつかの 運転モード
2	2	部分的な 自動化	運転支援システムが走行環境に応じたハンドル操作と加減速を行うとともに、システムが補助をしていない部分の運転操作をドライバーが行う。	システム	ドライバー (人間)	ドライバー (人間)	いくつかの 運転モード
			自動化された運転システムが運転環境をモニタリング				
3	3	条件付き 自動化	システムからの運転操作切り替え要請にドライバーは適切に応じるという条件のもと、特定の運転モードにおいて自動化された運転システムが車両の運転操作を行う。	システム	システム	ドライバー (人間)	いくつかの 運転モード
4	4	高度な 自動化	システムからの運転操作切り替え要請にドライバーが適切に応じなかった場合でも、特定の運転モードにおいて自動化された運転システムが車両の運転操作を行う。	システム	システム	システム	いくつかの 運転モード
	5	完全 自動化	ドライバーでも対応可能ないかなる道路や走行環境条件のもとでも、自動化された運転システムが、常時、車両の運転操作を行う。	システム	システム	システム	全ての 運転モード

CASE

自動運転とは

自動運転の歴史

自動運転の現状

自動運転の今後の展望及び課題

自動運転の技術(LiDAR)

自動運転の歴史＝基礎研究の時代（1940年～2005年）

基礎研究の時代（1940年～2005年）

- 1940年：ニューヨーク万国博覧会でGMが近未来の自動運転構想を披露
- 1958年：GMが誘導ケーブル方式の自動運転技術を披露
- 1960年：スタンフォード大学が映像情報による遠隔制御技術の研究を開始
- 1960年代：日本でも産総研で誘導ケーブル方式の自動運転研究がスタート
- 1977年：機械技術研究所が世界初のマシンビジョン自動運転車を開発
- 1986年：ダイムラーAGでプロメテウスプロジェクト開始　パリ-シュツットガルト間を自動走行
- 1995年：カーネギーメロン大学が98%の部分を自動運転によりアメリカ大陸4800kmを横断
- 2004年：DARPAグランドチャレンジ開催、Googleなどの自動運転参入を促す

自動運転の歴史 = 実用技術への開発開始から現在へ(2009-2023年)

実用技術への開発開始から現在へ (2009年～現在)

- 2009年：Google自動運転開発参入 現在のWaymoへとつながる
- 2016年：SAE自動運転レベル（レベル1～5）が世界スタンダードに。CASE概念誕生
- 2017年：ドイツでレベル3を可能にする道路交通法が成立
- 2018年：Google Waymo世界初の自動運転タクシーの商用サービス開始
- 2021年：トヨタ、Woven city着工 JaguarLandRover “Smart city Hub”発表
ホンダ、レベル3車両発売
- 2022年：世界各国でレベル4実現可能な法体制、自動運転デバイスのスタートアップ適者生存の時代へ
- 2023年：レベル3市販化元年？メルセデスベンツ、BMW、ボルボ、韓国現代など続々商品投入

CASE

自動運転とは




自動運転の歴史

自動運転の現状

自動運転の今後の展望及び課題

自動運転の技術(LiDAR)

国内外の開発状況

		自家用車	移動サービス
日本 	目標	<ul style="list-style-type: none"> 2025年目途に、高速道路においてレベル4の実現 	<ul style="list-style-type: none"> 限定地域における無人自動運転移動サービスを実現 <ul style="list-style-type: none"> -2025年目途 50か所程度 -2027年目途 100か所以上 
	実績	<ul style="list-style-type: none"> レベル3自動運転車(高速道路・渋滞時)を販売開始(ホンダ・レジェンド)[2021年3月] ※世界初 	<ul style="list-style-type: none"> 全国各地で様々な実証事業 レベル3での無人自動運転移動サービスを事業化[2021年3月] 無人自動運転移動サービス(永平寺町)
米国 	目標	設定なし	設定なし
	実績	<ul style="list-style-type: none"> 販売実績無し 	<ul style="list-style-type: none"> サンフランシスコ等において、レベル4での無人自動運転タクシーの営業運転を開始[2022年6月] Cruise社 
欧州 	目標	設定なし	<ul style="list-style-type: none"> 2030年代にレベル5を実現(欧州委員会自動運転ロードマップ)
	実績	<ul style="list-style-type: none"> レベル3自動運転車(高速道路・渋滞時)を販売開始(Mercedes Benz)[2022年5月] 	<ul style="list-style-type: none"> フランス等において、レベル4での無人自動運転バスの実証事業を実施[2021年11月] EasyMile社 
中国 	目標	<ul style="list-style-type: none"> 2030年までに新車販売の10%をレベル4相当(中国製造2025) 	設定なし
	実績	<ul style="list-style-type: none"> 販売実績無し 	<ul style="list-style-type: none"> 武漢市等において、レベル4での無人自動タクシーの営業運転を開始[2022年8月] Baidu社 

自動運転の現状（2022年末）

レベル1：市販車でもスタンダード化が進む

衝突被害軽減ブレーキ、レーン・キープ・アシスト（LKA）、アダプティブ・クルーズ・コントロール（ACC）等

レベル2：市販車における主力製品となっている

ハンズフリー機能、トヨタ、日産、ホンダ、スバル、GM、フォード、メルセデスベンツ、BMW

レベル3：市販車の発売予定が目白押し

ホンダ（既発売済）、メルセデスベンツ、BMW、ボルボ、現代、発売予定

レベル4：Waymoなどすでにサービス開始

Waymoがアリゾナ州で自動運転タクシーのサービスを開始、カリフォルニアへのエリア拡大、中国上海、北京、深圳でBaidu、WeRide、AutoX、Pony.aiサービス開始

レベル5：現在の技術水準では実現困難、参入公表メーカーはない

自動運転の参入企業 = 完成車及び自動運転システム

OEM（自動車メーカー）

ほぼ全てのメーカーがレベル3までの参入を公表

IT企業

Google (Waymo)

Apple

Amazon (ZooX)

Tier1部品メーカー

✓ Benteler (Holon)

✓ Magna

✓ 多くのメーカーがセンサー関連で参入

自動運転の参入企業 = スタートアップ

スタートアップ

- ✓ Turing
- ✓ ティアフォー
- ✓ May Mobility
- ✓ FiveAI
- ✓ NAVYA
- ✓ Easy Mile
- ✓ Einride
- ✓ Almotive
- ✓ AutoX
- ✓ WeRide
- ✓ Innoviz
- ✓ Luminar
- ✓ Velodyne
- ✓ Mobil I
- ✓ Aeva
- ✓ Aeye
- ✓ Cepton
- Etc...

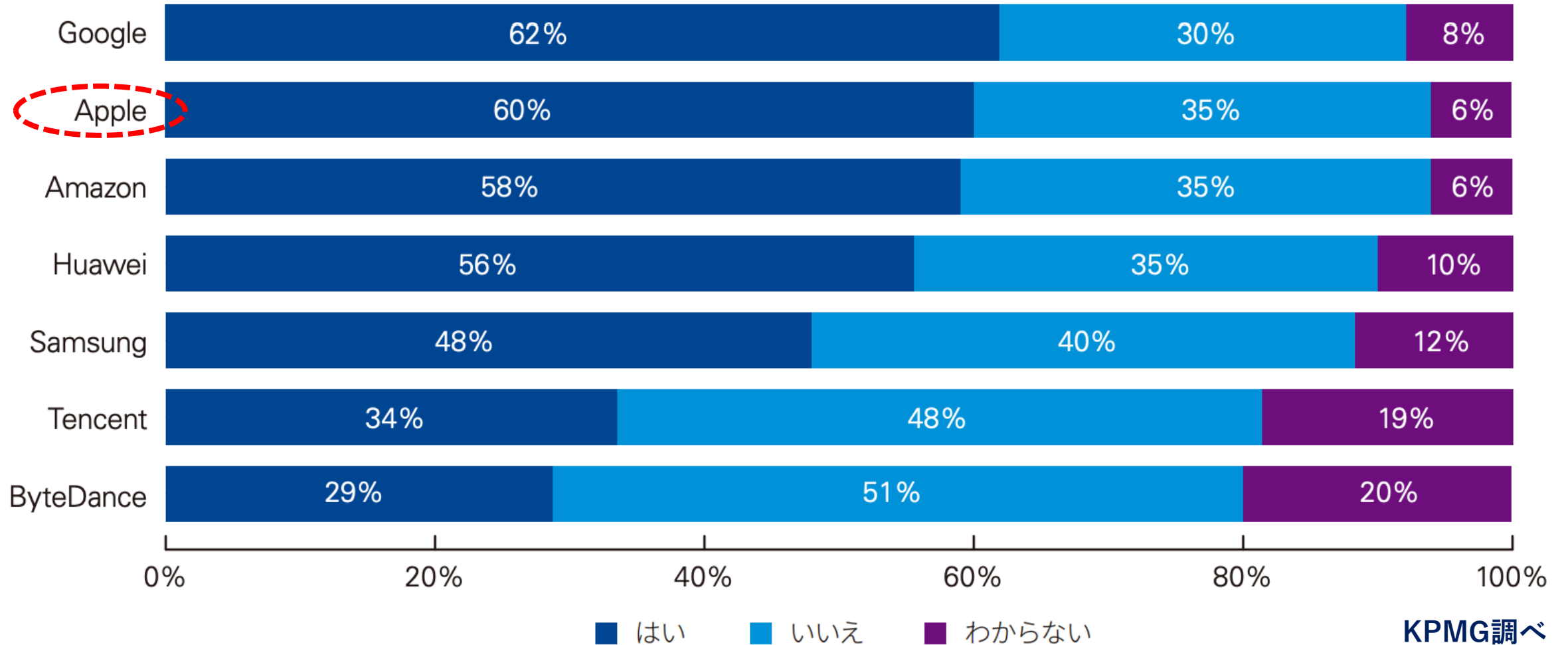
自動運転業界のユニコーン時価総額ランキング

順位	企業名	時価総額
1位	ZongMu Technology	114億ドル
2位	Nuro	86億ドル
3位	Pony.ai	85億ドル
4位	Argo AI	72億ドル
5位	Horizon Robotics	50億ドル
5位	WM Motor	50億ドル
7位	WeRide	44億ドル
8位	ECARX	33億ドル
9位	Graphcore	27億ドル
10位	Hesai Photonics Technology	21億ドル

出典：CBインサイツ

テクノロジー企業の参入

次の大手テクノロジー企業は、自社ブランドの車を開発して自動車市場に参入すると思いますか？



特許出願件数ランキング

表1【出願人別出願件数上位ランキング（自動運転関連技術、日米欧独中韓への出願）】

順位	出願人名称(国・地域)	出願件数
1	トヨタ自動車	4,247
2	FORD GLOBAL TECHNOLOGIES(米国)	3,067
3	デンソー	2,648
4	本田技研工業	2,460
5	ROBERT BOSCH(ドイツ)	2,207
6	HYUNDAI MOTOR(韓国)	1,887
7	GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS(米国)	1,433
8	日産自動車	1,214
9	BAYERISCHE MOTOREN WERKE(ドイツ)	850
10	三菱電機	847

表2【出願人別出願件数上位ランキング（MaaS 関連技術、日米欧独中韓への出願）】

順位	出願人名称(国・地域)	出願件数
1	トヨタ自動車	647
2	DIDI CHINA TECHNOLOGY(中国)	436
3	FORD GLOBAL TECHNOLOGIES(米国)	290
4	UBER TECHNOLOGIES(米国)	289
5	GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS(米国)	173
6	日立製作所	160
7	本田技研工業	143
8	IBM(米国)	127
9	三菱電機	99
10	HYUNDAI MOTOR(韓国)	92

米国における自動運転実装距離 = メーカー別

順位	企業	走行距離 (マイル)	走行距離 (キロ)
1位	Waymo	2,325,843 mile	3,743,072 km
2位	Cruise	876,105 mile	1,409,950 km
3位	Pony.ai	305,617 mile	491,841 km
4位	Zoox	155,125 mile	249,649 km
5位	Nuro	59,100 mile	95,112 km
6位	Mercedes-Benz R&D North America	58,613 mile	94,328 km
7位	WeRide	57,966 mile	93,287 km
8位	AutoX	50,108 mile	80,641 km
9位	Lyft	11,200 mile	18,025 km
10位	DiDi Research America	40,745 mile	65,572 km



クルマ

完全自動運転[※]ウェイモ。体験



ティアフォーの取組み = 遠隔監視自動運転

- 完全自動運転システム
- 遠隔型自動運転システム

		自動運転化 なし 0	作動中の自動運転レベル				
			1	2	3	4	5
主に所有者型 車両に利用さ れる (自家用車)	車内 利用者	ドライバー			作動継続 が困難な 場合の運 転者	搭乗者	
	遠隔 利用者	ドライバー			作動継続 が困難な 場合の運 転者	運行発令者 (ディスパッ チャー)	



Her IV

自動運転各社のアプローチ＝テスラと他メーカーの違い

テスラのアプローチ（ビジョン方式）

カメラが人間の目の役割をする、目で見たと通りの画像を脳の役割のAIが分析し判断する。人間の運転メカニズムに限りなく近い。

オートパイロットをオフにしている時でもAIがドライバーの走行を予測し、実際の走行との差分を分析し、学習している。このデータが45億Kmあり。最大の利点は高精度3次元マップが要らないこと

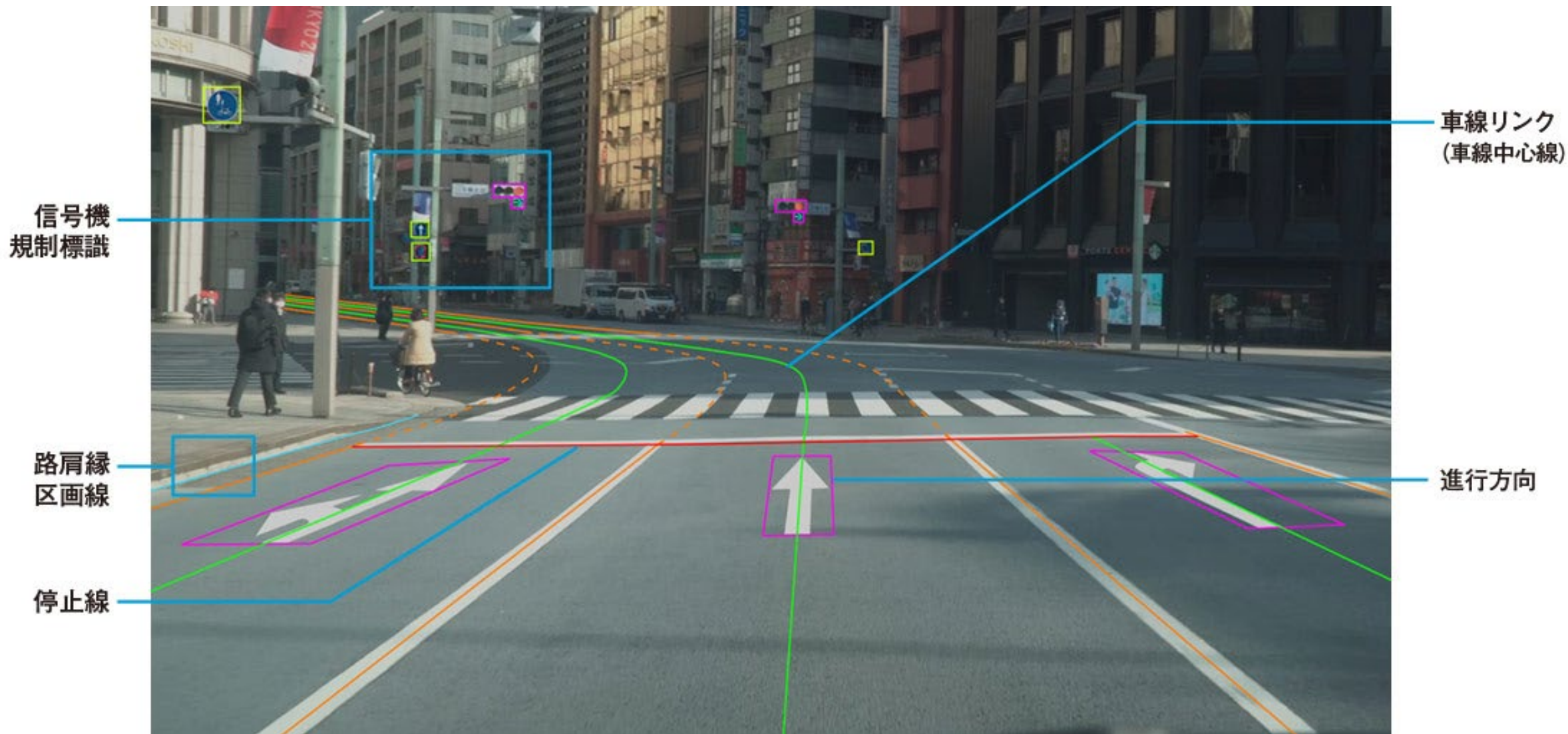
他メーカーのアプローチ（ジオメトリー方式）

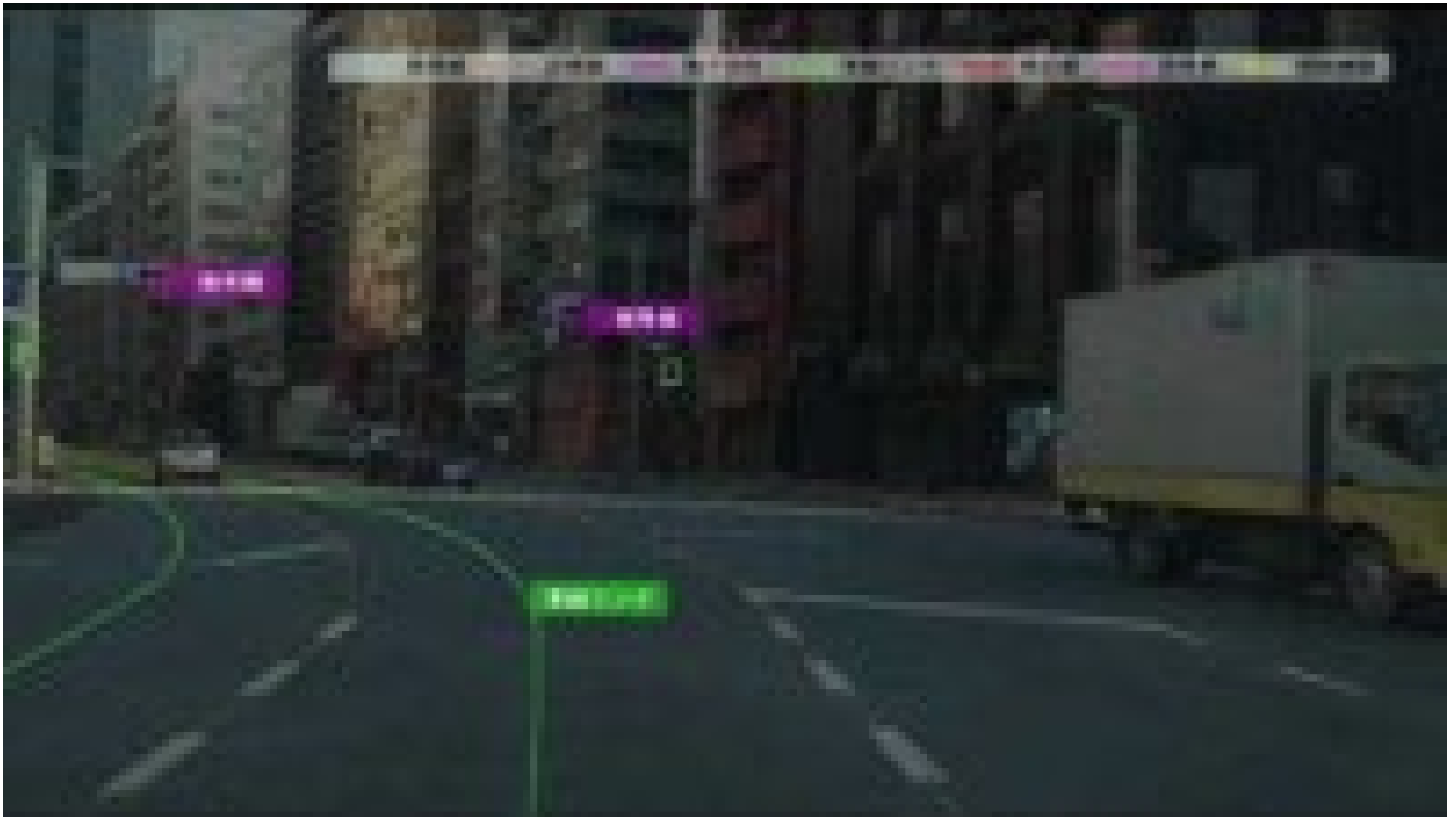
カメラ、LiDAR、ミリ波レーダーで周辺環境を分析し、高精細3次元マップのデータをもとに、コンピューターが判断する。機械の域は超えず。

高精度3次元マップのある場所であれば走行可能。（言い換えれば、地図がないと走行不可能）



高精度 3 次元マップ





CASE

自動運転とは

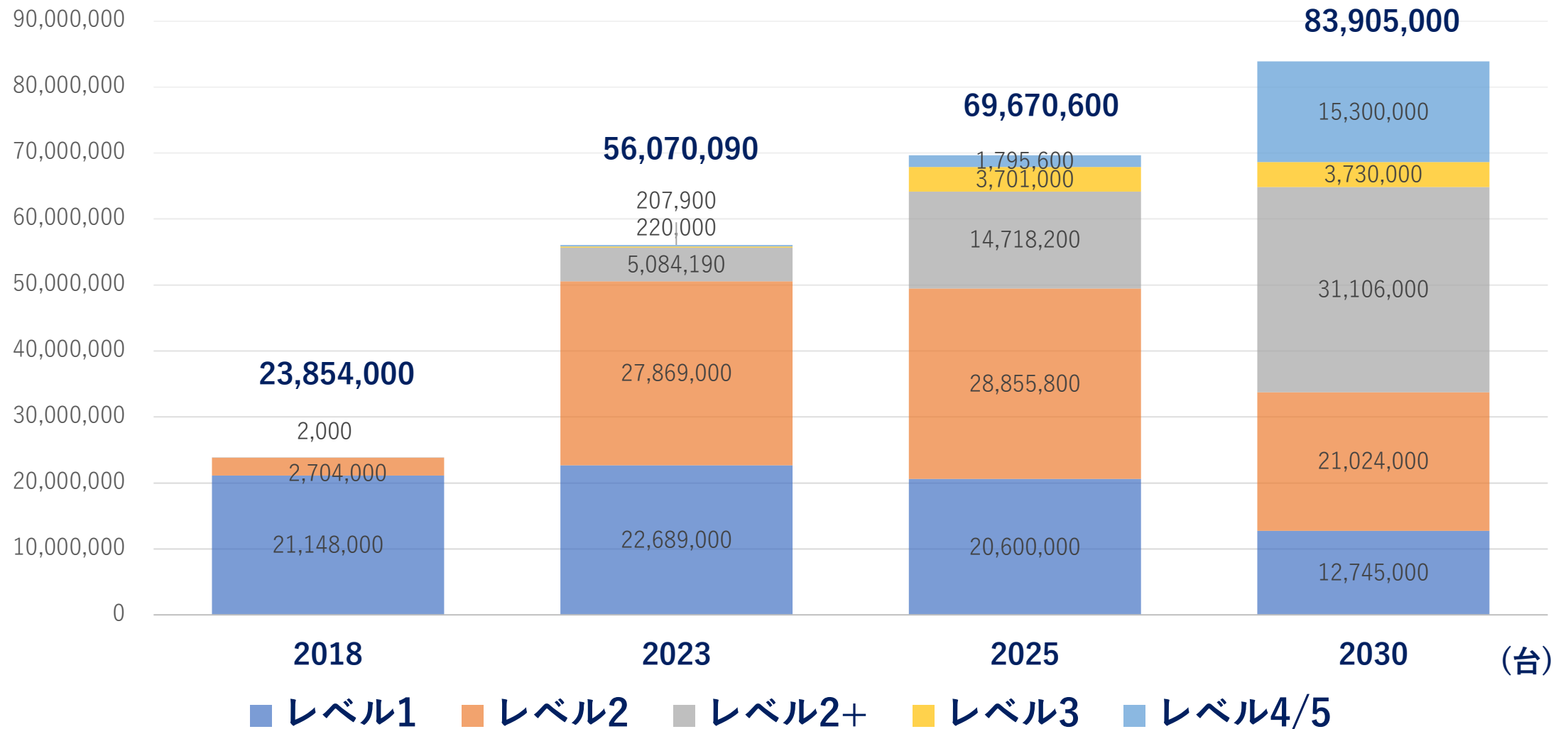
自動運転の歴史

自動運転の現状

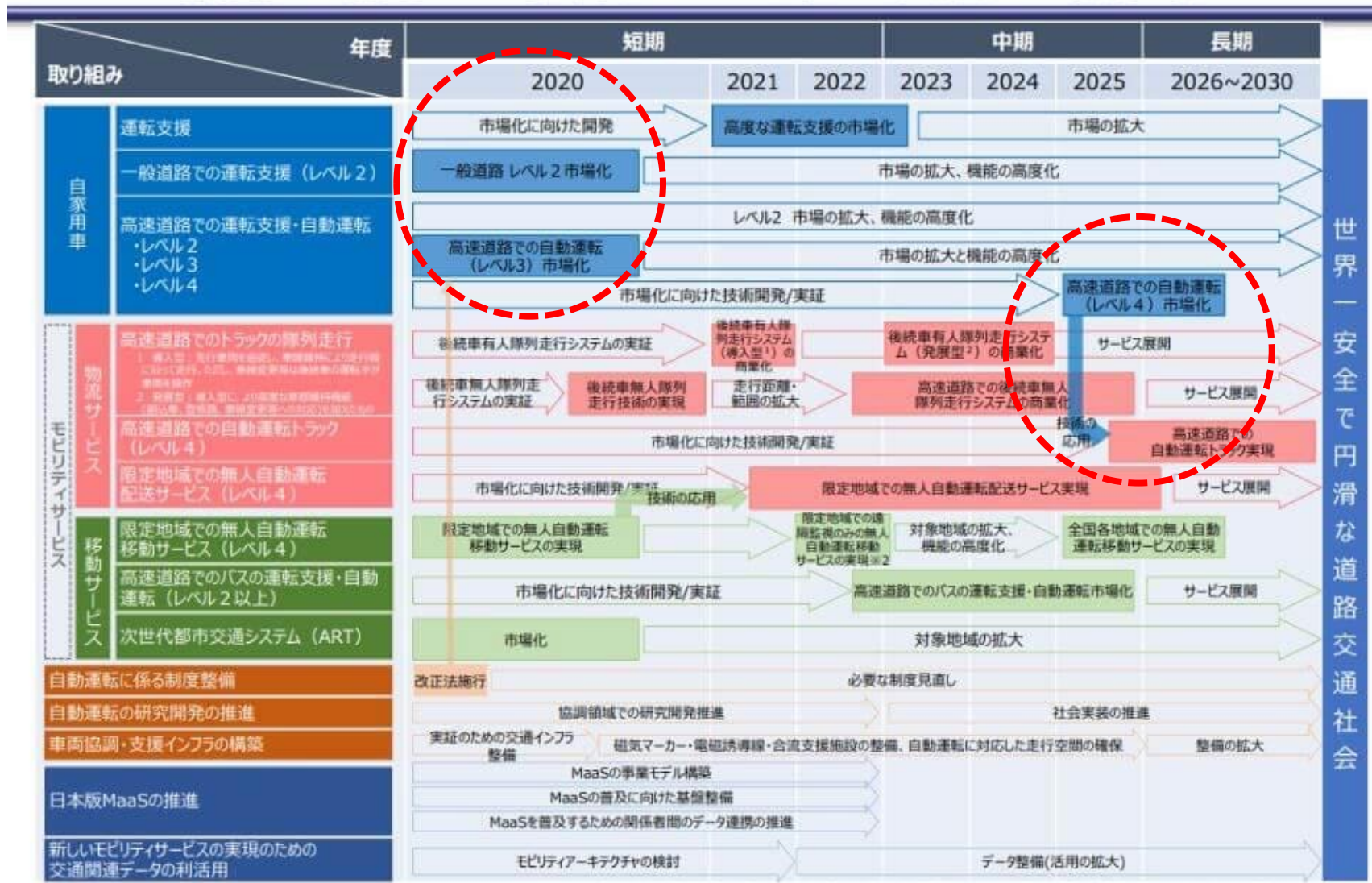
自動運転の今後の展望及び課題

自動運転の技術(LiDAR)

自動運転市場規模 = レベル別出荷予測



自動運転の今後のロードマップ



世界一安全で円滑な道路交通社会

※1 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

※2 無人自動運転移動サービスの実現時期は、実際の走行環境における天候や交通量の多寡など様々な条件によって異なるものであり、実現に向けた環境整備については、今後の技術開発等を踏まえて、各省庁において適切な時期や在り方について検討し、実施する。

自動運転の今後の課題

- 事故責任の所在
- 交通違反の当事者認定
- 国際的なルール作り（ジュネーブ条約、ウィーン条約の改訂）
- 外部情報の共有インフラの整備（コネクテッドカー活用）
- ハッキング防止、盗難対策の策定
- AIの精度向上
- 自動運転技術を活かした街作り

自動運転の法的課題＝事故における責任の所在

- レベル2：運転者に管理責任があるため、運転者の責任
- レベル3：自動運転中も運転者がいつでも介入できるため、運転者の管理下にあるということになり、運転者の責任
- レベル4-5：運転者は運転に介入しないため、新たな問題が発生
 - ✓ 自動車の問題による場合のPL法の運用改訂要
 - ✓ 事故の際の過失割合の複雑化（従来の事故に比べ関係者の数が増加）
 - ✓ サイバーリスクの高まりへの対応
 - ✓ 基本運行OSの設定（トロッコ問題等基本的、倫理的問題に決着要）

自動運転技術を活かした街作り



CASE

自動運転とは

自動運転の歴史

自動運転の現状

自動運転の今後の展望及び課題

自動運転の技術(LiDAR)

機械知覚のためのコアセンサー＝強み/弱み

➤ カメラ

強み：映像・色の識別

弱み：夜間・悪天候・濃霧・逆光・遠距離の測定・処理が遅い

➤ ミリ波レーダー

強み：光源や天候に影響を受けないこと

弱み：物体の識別・反射率の低いものの検出






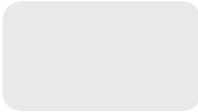

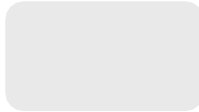
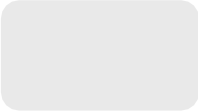


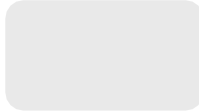
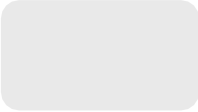
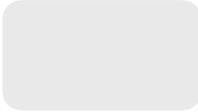






➤ LiDAR (FMCW)

強み：空間分解能・反射率に拘らず検出可能・速度測定・方位測定

可能・悪天候・逆光に拘らず検出可能

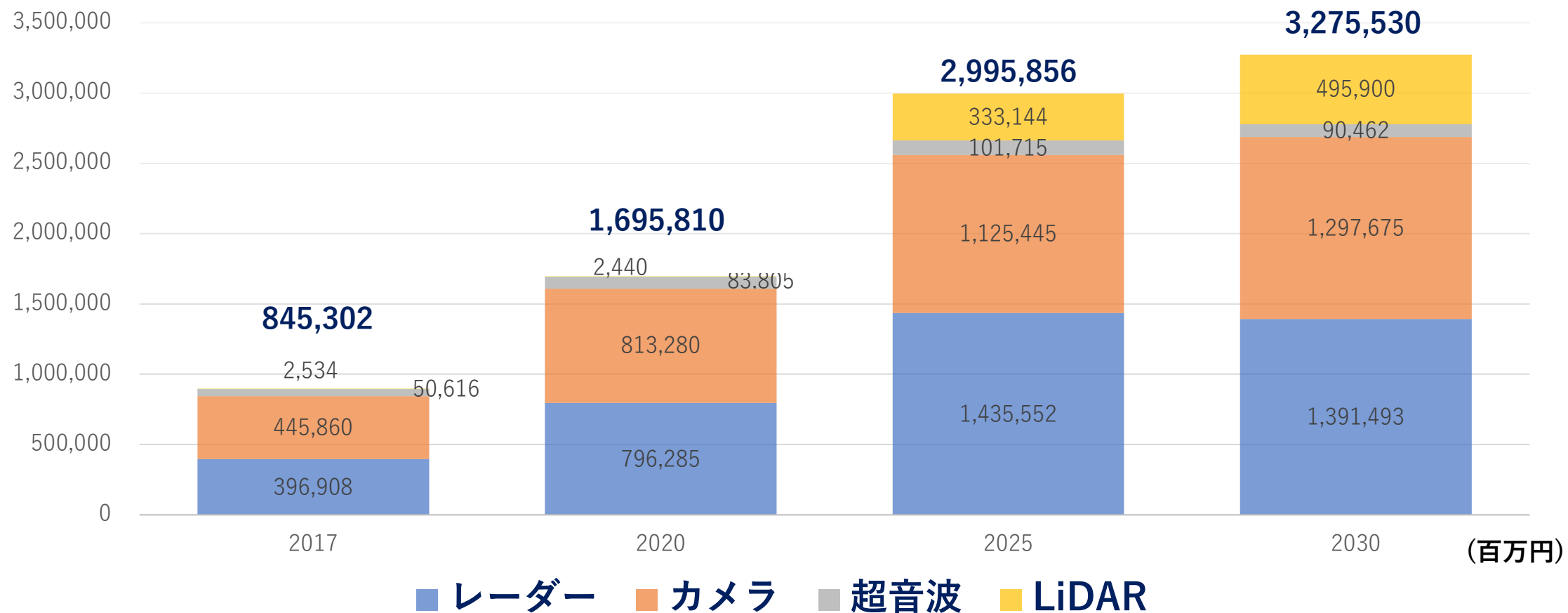
弱み：コスト高

機械知覚のためのコアセンサー = 強み/弱み

Sensing Requirement	 COLOR 色	 VELOCITY 速度	 DEPTH 距離	 REFLECTIVITY 反射率
Camera				
Radar				
ToF LiDAR				
FMCW LiDAR				

 Meets Perception  Partially Meets  Does Not Meet

自動運転関連デバイス市場規模 = 世界



YoleGroup Survey (2019年)

自動運転関連デバイス市場規模＝日本国内

単位：百万円

		2016	2017	2018	2019	2020 予測※2	…	2025 予測	…	2030 予測
自動ブレーキ※		92,000	105,000	117,000	125,000	120,000		142,000		164,000
インテリジェント ヘッドレスト		1,000	1,000	500						
ドライバーモニター		1,400	1,600	1,000	1,000	1,500		7,000		22,000
車線維持支援		480	380	290	290	190		190		100
車線変更支援		4,500	5,600	6,500	7,500	10,000		22,400		30,000
側前方衝突回避支援			60	150	300	600		800		1,300
駐車 支援	カメラ+ソナー	8,500	9,300	10,000	10,700	10,500		13,800		17,000
	俯瞰映像	2,900	3,500	4,000	4,500	4,900		7,200		12,000
暗視カメラ※1		1,000	500							
計		111,780	126,940	139,440	149,290	147,690		193,390		246,400

※1 日本市場に限ると搭載車MCにともない市場は現状ないが、海外、特に欧州市場では高級車のプレミアム装備として人気が高い

※2 コロナショック影響 平時予測に対し△10%として算出

LiDARメーカー

AUTOMOTIVE LiDAR PLAYERS



LiDARエコシステム

AUTOMOTIVE LiDAR ECOSYSTEM

Photodetectors

PD/APD

SPAD/SiPM

SoC

IC

ADC

Amplifier

LiDAR Systems

Laser Sources

EEL

VCSEL

Optical Elements

MEMS

Optical filters