

第55回 研究報告会

主なSDGs関連項目



バス・タクシー・鉄道の自動運転の現状と課題 ～運輸分野における自動運転導入の効果・影響と 普及加速化に関する調査研究(中間報告)～

2024年9月26日(木)

一般財団法人 運輸総合研究所
長谷川 渡邊 麻生

1. 調査研究について
2. 本日の報告内容
3. 各国に於ける自動運転化の意義
4. バス・タクシーの現状
5. 鉄道における現状
6. まとめ

1. 調査研究について(共同研究メンバー、検討委員会)

調査研究名

「運輸分野における自動運転導入の効果・影響と普及加速化に関する調査研究」

○共同研究メンバー

鈴木 淳

主任研究員

修士(工学)



武藤 雅威

主任研究員

博士(工学)



新倉 淳史

研究員

修士(工学)



本日発表者

長谷川 稜

研究員



渡邊 洋輔

研究員



麻生 勇人

研究員

修士(工学)



本調査研究は、屋井鉄雄 一般財団法人 運輸総合研究所所長を座長とし、有識者、行政実務者によって構成される検討委員会を設置し、議論を行っている。

○検討委員会の構成(2024.9時点)

◎有識者

屋井 鉄雄 運輸総合研究所 所長 ※座長

伊藤 恵理 東京大学先端科学技術研究センター 教授

大井 尚司 大分大学経済学部門 教授

小木津武樹 群馬大学次世代モビリティ社会実装研究センター 准教授

坂井 孝典 東京海洋大学海洋工学部流通情報工学部門 准教授

鈴木 春菜 山口大学大学院創成科学研究科 准教授

平栗 滋人 鉄道総合技術研究所 研究開発推進部 JR部長

福田 大輔 東京大学大学院工学系研究科 社会基盤学専攻 教授

◎行政実務者

林 健一 国土交通省
物流・自動車局 安全政策課 安全監理室長
(前 物流・自動車局 自動運転戦略室長)

水野 寿洋 国土交通省 鉄道局 技術企画課 技術基準管理官

◎運輸総合研究所

宿利 正史 会長
奥田 哲也 専務理事
金山 洋一 研究統括
藤崎 耕一 研究統括

1. 調査研究について(背景と目的)

【背景】

- ・交通機関の自動運転化について、
 - ・世界各国では、技術革新やモビリティ革命を通じた国際競争力の強化、経済成長、生産性の向上、安全性の向上、GXへの貢献につながると期待されている。
 - ・日本では、さらに、労働力不足の解消や地域交通の維持・改善につながると期待されている。
- ・自動運転化は、交通産業の活性化に大きく寄与する可能性があり、国民に技術立国として、自信・自負と将来社会への大きな希望を与えることも期待される。
- ・しかしながら、例えば、自動車における自動運転の普及状況として、世界では商用自動車として営業運転を行うという先行事例がある半面、日本では各種実証実験が実施されている程度にとどまり、普及は進んでいない状態である。

1. 調査研究について(背景と目的)

【目的】

・本調査研究では、自動運転の普及加速につなげるため、以下3点について分野横断的に明らかにすることを目的とする。

① 現状と課題

(各国事例を比較、日本で普及が遅れている実情を確認する)

② 効果や影響

(どのようなものが、どのように、どの程度社会へ波及するのかを把握する)

③ 普及加速化へ向けた対応策

(フォアキャスト・バックキャスト両視点により対応策を検討する)

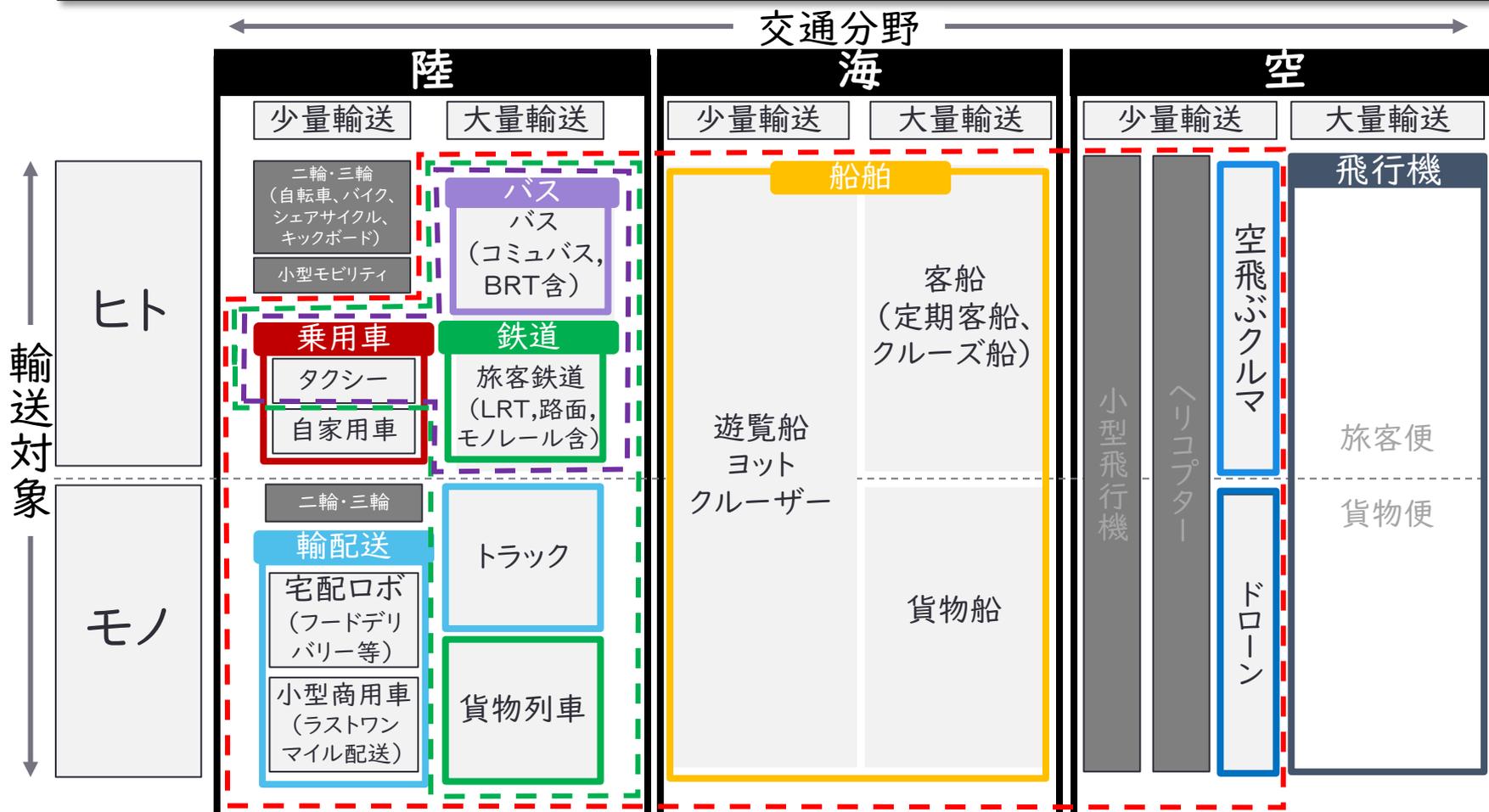
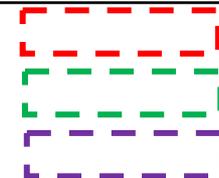
【ねらい】

・研究成果については、国・自治体や交通事業者、そして国民へ広く周知・啓発することにより、自動運転の普及加速につなげ、持続可能な公共交通の構築の寄与する。

1. 調査研究について(プロセス)

【調査研究プロセス】

- ①現状(各種公表資料、既往研究、国内外の取組事例を収集)
- ②課題と対応策(海外の先行事例を基に対応策を可視化)
- ③導入の効果・影響(定性的な観点での整理と定量的試算)
- ④自動運転を普及促進するための対応策の検討・提言



【参考】各モードにおける自動運転化のレベルについて

自動車

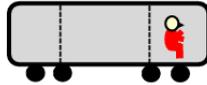
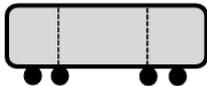
- ・レベル1：一方向だけの運転支援 フット・フリー
- ・レベル2：縦・横方向の運転支援 ハンズ・フリー
- ・レベル3：特定条件下で自動運転
(条件外ではドライバーが安全確保) アイズ・フリー
- ・レベル4：特定条件下で完全自動運転 ドライバー・フリー
- ・レベル5：完全自動運転

※SAE J3016: SAE (Society of Automotive Engineers) の略米自動車技術会の基準が世界で広く使用されている。
https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/

陸

鉄道

運転士がいない自動運転

自動化レベル (IEC(JIS)による定義※)	乗務形態のイメージ	導入状況
GOA0~2	 運転士が乗務	GOA0 (路面電車) GOA1 (一般的な路線) GOA2 (東京メトロ丸ノ内線、つくばエクスプレス等)
GOA2.5 ※IEC及びJISには定義されていない、日本が独自に設定したレベル	 運転士ではない係員が列車の前頭に乗務 <役割> 緊急停止操作、避難誘導等	J R九州 香椎線 (2024年3月16日より営業運転開始)
GOA3 添乗員付き自動運転	 添乗員(運転士ではなく、緊急停止操作も行わない)が乗務 <役割> 避難誘導等	(一部のモノレール：舞浜リゾートライン)
GOA4 自動運転	 係員(※)の乗務無し ※ 運転士、車掌、運転士ではない係員、添乗員	(一部の新交通等：ゆりかもめ、神戸新交通等)

GOA: Grade Of Automation

※IEC 62267 (JIS E 3802): 自動運転都市内軌道旅客輸送システムによる定義

(IEC: 国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission) 電気及び電子技術分野の国際規格の作成を行う国際標準化機関) 65

【参考】各モードにおける自動運転化のレベルについて

海	船舶	<ul style="list-style-type: none"> ・フェーズⅠ：船舶のネットワーク環境を活用した各種センサ等のデータを収集・通信する機能 等 ・フェーズⅡ：高度なデータ解析技術やAI技術を活用して船員がとるべき行動の具体的な提案、判断に必要な情報を視聴覚的に提示、陸上からの船上機器の直接的操作が可能（最終意思決定者は船員） ・フェーズⅢ：離着陸や各気象海象条件下でも適切に機能するシステム、自律性が高く最終意思決定者が船員ではない領域が存在 <small>※自動運航船の自動化・自立化のレベルについて、世界的に定まった定義はなし。 出典：国土交通省、海事イノベーション部会（第4回、資料6-2 P3,P4、平成29年12月） https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/kaiji01_sg_000393.html</small>
	空	航空 （無人航空機）
航空 （自律飛行）		<ul style="list-style-type: none"> ・ATSA：情報をパイロットに伝達、航空管制は管制官 ・ASPA：パイロットが航空機との（車間距離）をコントロール、どこまで詰めれるかは管制官 ・ASEP：制限のある運用条件の下、情報を基にパイロットがコントロール、管制官の指示はない ・SSEP：自律飛行 <small>※出典：FAA/EUROCONTROL Cooperative R&D: Action Plan 1, "Principles of Operation for the Use of Airborne Separation Assurance Systems", http://www.eurocontrol.int/care-asas/public/standard_page/art.html, 2001.</small>

1. 調査研究について（自動運転導入の状況）

自動運転はバス、タクシー、鉄道などの陸上交通だけでなく、**海上交通や航空交通分野にも導入されており、それぞれの分野で自動運転レベルを決めて自動運転を活用したサービスの普及に取り組んでいる。**

		導入済	実証実験	その他					
		 日本	 アメリカ	 中国	 EU	 インド ネシア	 シンガ ポール	 マレー シア	 タイ
陸	バス	レベル4	レベル4	レベル4	レベル4	レベル4	レベル4	レベル4	
	タクシー	レベル4 (保安員有)	レベル4 (保安員無)	レベル4 (保安員無)	レベル4 (保安員有)	レベル4 (保安員有)	レベル4 (保安員有)	レベル4 (保安員有)	
	輸配送	トラック	レベル4	レベル4	レベル4	レベル4	レベル4	レベル4	レベル4
		配送ロボット	過去に有	導入済	導入済	導入済	導入済	実証実験	実証実験
	鉄道	新交通システム	GOA4 (ゆりかもめ)	GOA4 (ラスベガスモノレール等)	GOA4 (珠江新城新交通システム線)	GOA4 (VALシステム)	GOA4 (クアラルンプールLRT Kelana Jaya Line)	GOA4 (シンガポールMRT)	GOA4 (シンガポールMRT)
		踏切無	GOA2.5 '25年から実証実験予定 (東京メトロ丸の内線)	GOA4 (ハワイ・スカイライン)	GOA4 (上海地下鉄10号線)	GOA4 (パリメトロ1号線)	GOA4 (シンガポールMRT)	GOA4 (シンガポールMRT)	GOA4 (シンガポールMRT)
		踏切有 (貨物列車除く)	GOA2.5 (JR九州 香椎線)	—	—	—	—	—	—
海	船舶	フェーズⅢ	フェーズⅢ相当	フェーズⅢ相当	フェーズⅢ相当	フェーズⅢ相当	フェーズⅢ相当	—	
空	空飛ぶクルマ	型式認証中	型式認証中	型式認証機有 (中国民用航空局による)	型式認証中	型式認証中	型式認証中	—	
	ドローン配送	レベル4	レベル4	レベル4	レベル4	レベル4	レベル4	レベル4	

2. 本日の報告内容

【調査研究のプロセス】

- ① 自動運転化の現状
 (各種公表資料、既往研究、国内外の取組事例を収集)
- ② 自動運転化の課題と対応策
 (海外の先行事例を基に対応策を可視化)
- ③ 自動運転導入の効果・影響
 (定性的な観点、バックキャストの視点で定量的に試算)
- ④ 自動運転を普及促進するための対応策の検討・提言

【対象の交通モード】

バス



タクシー



旅客鉄道



2.本日の報告内容

- ◎バス、タクシー、鉄道の自動運転導入の状況のみ本日ご説明
- バスは日本、中国、欧州の極一部でレベル4 (特定条件下で完全自動運転) 導入済
その他地域は、レベル4での実証実験
- タクシーは米国・中国でレベル4(特定条件下で完全自動運転) 導入済
- 鉄道は、各国でGOA4(無人自動運転) 導入済
踏切のある路線で日本がGOA2.5(緊急停止操作等を行う係員付き自動運転)

		 日本	 アメリカ	 中国	 EU	 インドネシア シンガポール マレーシア タイ ASEAN
陸	バス	レベル4 導入済	レベル4 実証実験	レベル4 導入済	レベル4 導入済	レベル4 実証実験
	タクシー	レベル4 実証実験	レベル4 導入済	レベル4 導入済	レベル4 実証実験	レベル4 実証実験
	新交通	GOA4 導入済	GOA4 導入済	GOA4 導入済	GOA4 導入済	GOA4 導入済
	鉄道 踏切無	GOA2.5 実証実験予定	GOA4 導入済	GOA4 導入済	GOA4 導入済	GOA4 導入済
	踏切有	GOA2.5 導入済	—	—	—	—

各国の取組事例を現地調査、デスクトップ調査したため結果を後ほどご説明 | |

2.本日の報告内容



2. 本日の報告内容



3. 各国に於ける自動運転化の意義

自動車(バス、タクシー)、鉄道ともに各国が考える意義はいずれも **持続可能な公共交通の維持に寄与する重要な意義**である

○自動車分野における各国が発表している自動運転化の意義

	国際競争力強化	経済成長産業創出	事故・渋滞の減少	環境負荷低減	移動の確保	労働力不足の解決
日本	<ul style="list-style-type: none"> ・各国が考える意義は同類のものが多い ・労働力不足の解決を挙げているのは日本だけ 					○
米国						—
中国						—
欧州						—

○鉄道分野における各国が発表している自動運転化の意義

	国際競争力強化	経済成長産業創出	安全面の向上	環境負荷低減	乗客サービスの向上	柔軟なダイヤ設定(定時性)
日本	<ul style="list-style-type: none"> ・ヨーロッパの方が日本やシンガポールよりも自動運転化による意義は多い(日本やシンガポールは現状でも定時性やサービスレベルが高いため) 					
シンガポール						
欧州						
中国						

【参考】各国に於ける自動車の自動運転化の意義

意義としては、どの国も国際競争力強化、経済成長・産業創出、事故・渋滞の減少、環境負荷の低減、移動の確保あり。日本では、これに加えて、「**労働力不足の解決**」に向けたツールとして期待されている。

日本



- 人為的要因による交通事故の削減、渋滞の緩和/解消、環境負荷の低減
- 地域公共交通の維持/改善、高齢者などの移動支援
- **ドライバーなどの労働者不足への対応**
- 国際競争力の強化、新たな関連産業の創出、運輸物流業の効率化

※出典：国土交通省、経済産業省資料より

英国



- 障害者や高齢者の孤立を解消
- 渋滞の最小化に貢献
- 安全性向上
- 経済的な利益と国際的な投資の呼び込み、世界的な科学大国としての英国の地位の強化
- モビリティ革命の推進とグローバルリーダーシップの発揮
- 技術革新、世界をリードする交通システムの構築
- **ゼロエミッションへの移行支援**

※出典：2022年英国運輸省・商務省発行 Connected & Automated Mobility 2025: Realising the benefits of self-driving vehicles in the UK

米国



- 自動運転車を含む新興技術において、米国が引き続きリーダーシップを発揮する
- 経済成長と生産性の向上、安全性向上
- モビリティのイノベーション
- すべての国民の生活の質向上、移動性/輸送効率の向上、エネルギー使用量の削減
- 渋滞の軽減
- 障害者や高齢者を含むすべての人々の移動手段の拡大（自立、経済的機会、社会福祉の促進）

※出典：2020年 米国運輸省「Ensuring American Leadership in Automated Vehicle Technologies Automated Vehicles 4.0」

中国



- 科学技術革命、産業変革を主導する能力の強化、産業発展における新たな優位性
- デジタル経済の育成、経済成長
- スマート社会の構築、国の総合力強化、安全性・輸送効率の向上、省エネと排出削減の促進、人々の福祉の向上

※出典：2020年 中国国家発展改革委員会「スマート自動車イノベーション発展戦略」

【参考】各国事業者等に於ける鉄道自動運転化の意義

各国、乗務員のサービス要員化や、CBTC(※)導入による効果を含めて一体的に効果として期待している

国名	自動運転化の意義		
日本 	<ul style="list-style-type: none"> ・効率化・省力化 ・乗客サービスの向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・柔軟なダイヤ設定 ・ダイヤ乱れ時の臨時運行 	<ul style="list-style-type: none"> ・車内セキュリティの強化
シンガポール 	<ul style="list-style-type: none"> ・列車間隔の短縮 ・人材採用の最適化 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄道運営の変革 ・運行柔軟性 	<ul style="list-style-type: none"> ・総移動時間・定時性の向上 ・ヒューマンエラーの減少
フランス 	<ul style="list-style-type: none"> ・列車の増便 ・乗客サービスの向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性の向上 ・エネルギー効率の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・定時運行化 ・企業の存在価値向上
ドイツ 	<ul style="list-style-type: none"> ・サービス頻度の向上 ・安全性の向上 ・運行の柔軟化 ・システム効率向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・魅力的なサービスの提供 ・線路容量の増加 ・運用品質の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー効率の向上 ・運行の安定化 ・摩耗減少によるメンテ削減
中国 	<ul style="list-style-type: none"> ・炭素排出量の削減 ・ヒューマンエラーの削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・効率的な運行 ・信頼性の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性の向上 ・国際競争力の強化

参考:CBTC:Communications-Based Train Controlの略。無線技術を活用して列車の位置と速度を常時把握し、列車間の安全な距離を確保するように速度を制御する次世代の信号保安装置。

4. バス・タクシーにおける現状

- 4-1 海外の導入状況分析 (①~⑥)
- 4-2 日本政府の方針
- 4-3 日本での自動運転
- 4-4 自動運転タクシーサービス等の今後の計画
- 4-5 日本での導入・普及に向けた課題と対応策

4-1. 海外の導入状況分析

海外の自動運転バス・タクシーの実態を調査・分析
 バスは欧米、タクシーは米中の先進事例を調査

		国	地域/都市	事業者名	自動化レベル	主な分析方法
バス	①	英国	オックスフォード	First Bus	レベル4	現地調査 ヒアリング
	②	独国	バートビルンバッハ	自治体	レベル4	現地調査 ヒアリング
	③	米国	連邦公共交通局 (FTA: Federal Transit Administration) 公開レポート			デスクトップ 調査
タクシー	④	米国	サンフランシスコ	Waymo	レベル4	現地調査 ヒアリング
	⑤	米国	サンフランシスコ	Cruise	レベル4	現地調査 ヒアリング
	⑥	中国	北京	Baidu, Pony.ai	レベル4	現地調査 ヒアリング

4-1. ①英国の自動運転バスの実態 (現地調査・ヒアリング)

プロジェクト	MultiCAV プロジェクト(自動運転バスの実証実験)
推進主体	First Bus (イギリスのバス事業者) を主体としたコンソーシアム
実証期間	2023年春~2024年1月
実証エリア	・英国オックスフォードにある鉄道駅からミルトンパークまでの一般道約5kmの路線
自動運転レベル	レベル4 (最高速度 65km/h)

【概要】

- ・英国では、2015年に運輸省とビジネス・通商省の傘下にCenter for Connected and Autonomous Vehicles (CCAV) を設立、自動運転の導入を推進
- ・CCAVのプログラムの下で資金提供された実証実験
- ・MaaSと自動運転の連携により今まで以上に密な公共交通ネットワークを構築し、将来的に自家用車の使用を減少させることを目指している



自動運転バス (英国 Fusion Processing 社製)
出典: MultiCAV コンソーシアム



自動運転バスの走行ルート
出典: MultiCAV コンソーシアム

4-1. ①英国の自動運転バスの実態 (現地調査・ヒアリング)

プロジェクト MultiCAV プロジェクト(自動運転バスの実証実験)

【ポイント】

○技術的な課題

- ・自動運転車のセンサが検知してしまうため
沿線の植栽の伐採が必要
- ・有人運転車とのコミュニケーションがとれないため
ラウンドアバウトでのスムーズな合流が困難
- ・1車線の交互通行が出来ないため
自動運転のために信号機を新設

○費用

- ・インフラ整備費用
(植栽の伐採、信号の新設等)
- ・車両導入費用
(ディーゼルバス比 4倍)

○その他

制度上、英国では障がい者などの
乗降支援のための人員の同乗が必須



運行ルート上の整備された沿線の植栽



ラウンドアバウト



自動運転のために新設された信号
(1車線の交互通行場所)

4-1. ②ドイツの自動運転バスの実態 (現地調査・ヒアリング)

プロジェクト	HEAL プロジェクト (自動運転バスの実証実験)
推進主体	バートビルンバッハ (自治体) を主体としたコンソーシアム ※バートビルンバッハは、ドイツ南部に位置し、温泉地を有する人口5,700人の町
実証期間	2017年~2023年 (実証期間は終了したが、 現在も継続運行中)
実証エリア	バートビルンバッハの鉄道駅と中心部を結ぶ路線
自動運転レベル	レベル4 (最高速度 15km/h)

【概要】

- ・ドイツでは、連邦デジタル・交通省 (BMDV) が2020年1月から「自動運転とネットワーク化による将来性のあるモビリティシステム」という助成事業を実施
- ・自動運転の実証実験など31のプロジェクトを支援、**約1.69億€ (約270億円) の助成資金**を提供
- ・バートビルンバッハは、鉄道駅と中心部を結ぶ公共交通手段が少なかった
 - 列車との接続性を考慮したダイヤで導入
- ・温泉などの保養施設、商業施設、医療施設がある**中心地区へのアクセス利便性向上**を目的
- ・住民の**社会参加の機会増加、医療状況の改善、新しいモビリティサービスへの受容性**の向上も目指している



自動運転車両
(仏国 Easy Mile社製)

4-1. ②ドイツの自動運転バスの実態 (現地調査・ヒアリング)

プロジェクト HEAL プロジェクト (自動運転バスの実証実験)

【ポイント】

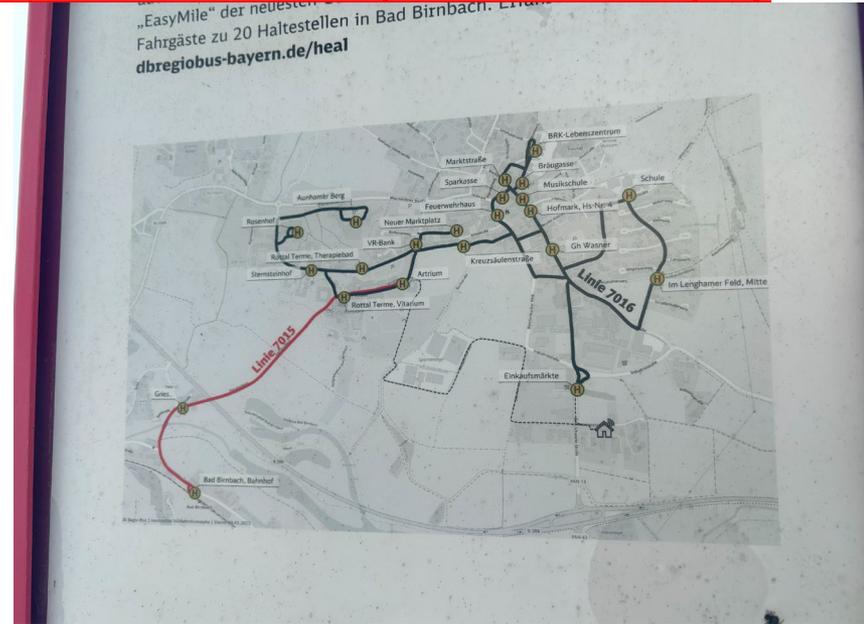
- ・ 自動運転車を考慮した、速度制限や案内表示
- ・ セーフティオペレータによる利用者とのコミュニケーションにより社会受容性の向上
- ・ シビックプライドの向上や地域観光促進に貢献
- ・ 国の支援終了後の運営財源が課題。現在は、州政府からの支援で運営
 (自治体が運営をしているが、予算が限られる)
- ・ エリア拡張を計画。長距離のため、速度の向上が必要 (15km/h ⇒ 40km/h)



自動運転バスの走行を検知すると制限速度を変更する表示盤



自動運転バスの走行表示板



運行ルート

4-1. ③米国の自動運転バスの実態 (デスクトップ調査)

連邦交通局 (Federal Transit Administration) が自動運転バスに関する状況のレポートを公開している。

【米国の自動運転バスの実証試験実施件数】

計 88件 (完了 34件、実施中 14件、計画中 40件)

(出典: FTA Transit Bus Automation Quarterly Update Q1 2024 Update 2024年5月発行)

【自動運転バスの開発状況】

交通バスの米国での販売台数は約1万台/年。大型トラック: 約40~50万台/年に比較しても **市場が小さく**、サプライヤーが開発をしていないため、**遅れている**

➤ 対策として、**共同調達や大規模プロジェクトなどを検討**

(出典: FTA Report No.0225 2023年9月発行「Transit Bus Automation Market Assessment」)

【自動運転バス導入の判断】

費用便益分析を行う場合があるが、**コストと利益について、利用可能な公開情報が無く、分析が困難**

(出典: FTA Report No.0187 2021年2月発行「Assessing Transit Providers' Internal Business Case for Transit Bus Automation」)

【低速自動シャトル】

・乗用車の必須機能 (ハンドルやバックミラー) などがなく、FMVSS (連邦自動車安全基準) を満たしていないため、公道実証が出来ず、多くは閉鎖されたキャンパスや私道などで実施

・近年はFMVSSを免除する例もあり、公道での実施・計画が増加

(出典: FTA Report No.264 2024年5月発行「Strategic Transit Automation Research Plan 2.0:2023-2028」)

4-1. ④米国のロボタクシーの実態 (現地調査・ヒアリング)

推進主体	Waymo (Alphabetの傘下)
開始年度	2020年
事業エリア	営業エリア : フェニックス (315mile ²), サンフランシスコ (55mile ²) ロサンゼルス (79mile ²) 試験走行 : バッファロー, ワシントンD.C., アトランタ
自動運転レベル	レベル4 (最高速度72km/h @ フェニックス)

【概要】

- ・2020年時点で2,000万マイル(3,220万キロ)以上の公道走行実績
- ・2023年10月より配車アプリ「Uber」からロボタクシーを呼び出すサービスを開始
2024年4月より「Uber Eats」でのフードデリバリーも開始
- ・全体で約700台保有 (2024年7月時点)
- ・週10万回の有償運行を達成 (2024年8月21日 Waymo X投稿記事)



Waymoのロボタクシー



無人運転の様子

4-1. ④米国のロボタクシーの実態 (現地調査・ヒアリング)

【ポイント】

■運用面

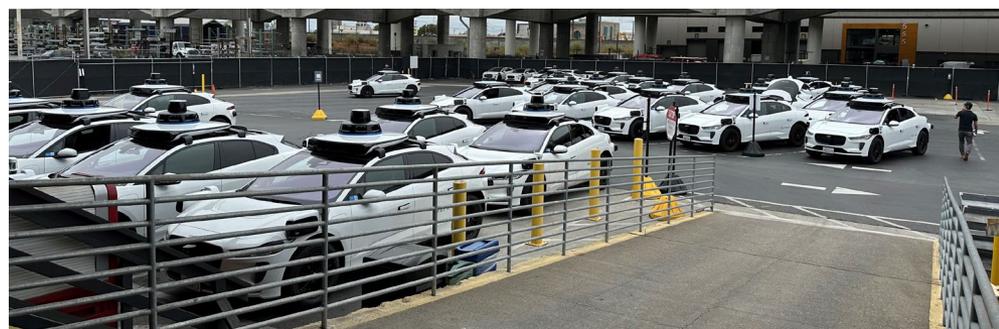
- ・サンフランシスコ
約300台保有
3シフト体制で24時間運用 (1シフトは約25名)
- ・1台の1日の稼働時間は21時間
(充電:30分~45分程度/回、3~4回/日)
- ・緊急時の駆けつけ体制を構築
(サンフランシスコの至る所に対応チームがいる)



Waymoの充電ステーションまで自走するロボタクシー

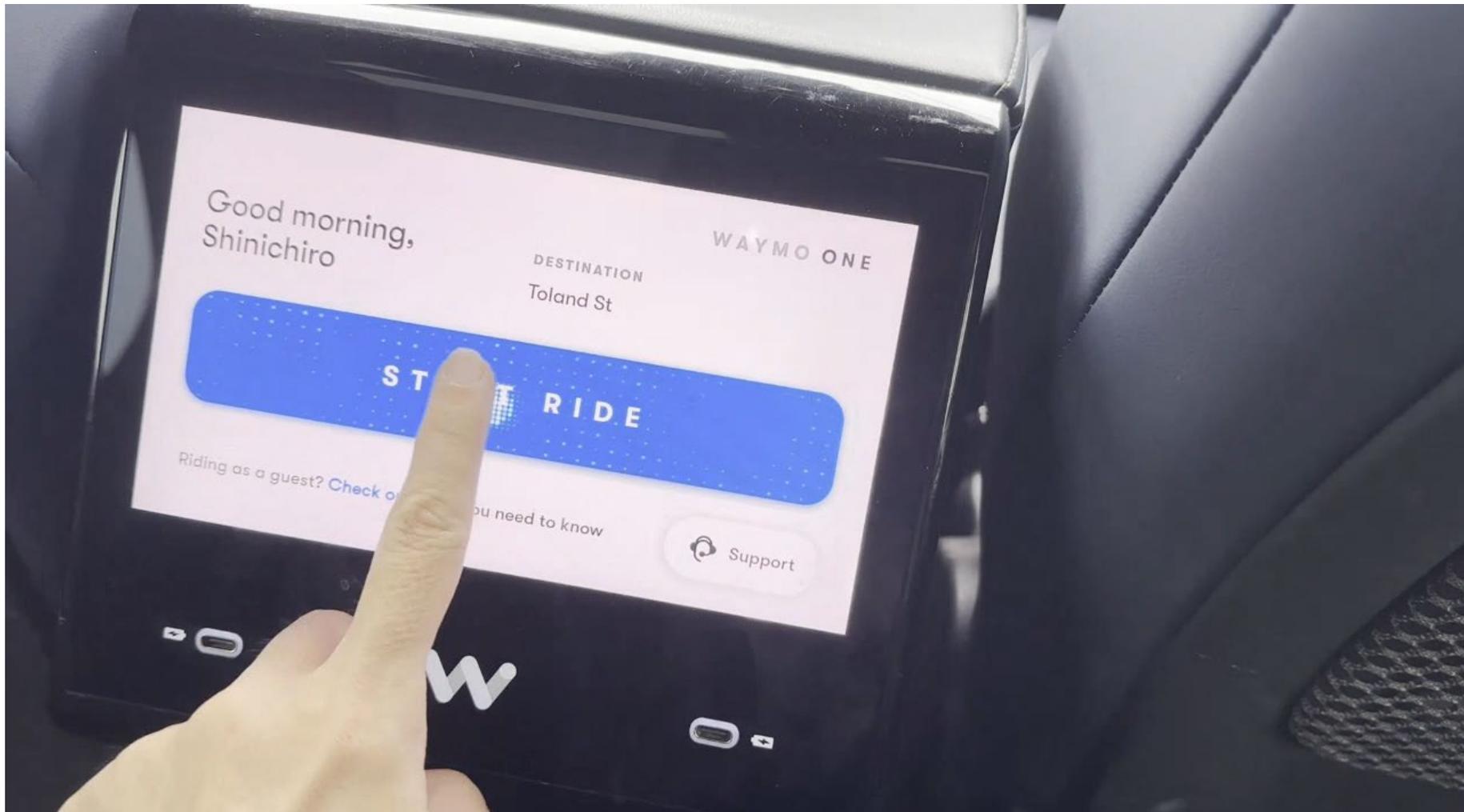
■その他

- ・将来的な市場を見込み、莫大な投資(数兆円規模)
Alphabet社は50億ドル(7,250億円)の追加投資 (2024年7月発表)
- ・車両のコストダウンも進めている
(新型車両はセンサーの数を削減)



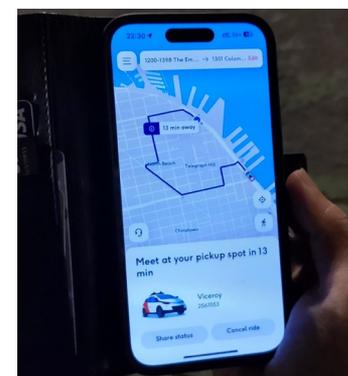
- ・他の交通者への支障や事故はあるが、運行を継続
- ・Waymoのレポートによると、人身事故の割合は、人間が運転する車両より85%少ない
自動運転車両の事故データを解析するための 国際標準化が必要との見解

4-1. ④米国のロボタクシーの実態 (現地調査・ヒアリング)



4-1. ⑤米国のロボタクシーの実態 (現地調査・ヒアリング)

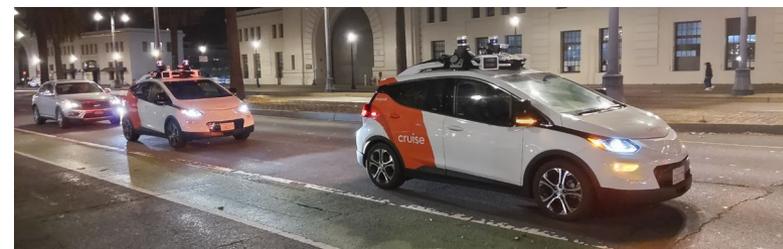
推進主体	GM Cruise (General Motors傘下)
開始年度	2022年
事業エリア	サンフランシスコ、フェニックス、 ヒューストン、ダラスなど
自動運転レベル	レベル4 (2023年10月まで)



配車アプリの画面 (2023年6月)

【ポイント】

- ・100万マイルの無人運転走行を15か月 (2023年2月) で達成
- ・サンフランシスコでは無人運転車は30台までの運用が許可されていた
- ・2023年10月に **営業許可停止** (サンフランシスコで発生した事故により、Cruise側から適切な情報提供がなされなかったため)
- ・2024年6月25日現在、**フェニックス、ヒューストン、ダラスで監視員付き自動運転を再開**。(サンフランシスコでは未再開)
- ・日本ではHondaと協業、ドバイへも展開
- ・ドバイでは30年までに4,000台を目指す (2021年発表) 現在テスト走行中
- ・運転席の無い新型車両の開発を中止 (2024年7月発表)



サンフランシスコでの無人運転の様子 (2023年6月)

4-1. ⑥中国のロボタクシーの実態 (現地調査・ヒアリング)

推進主体	Baidu、Pony.ai など
事業エリア	北京亦庄自動運転特別区域など (北京の先行区の範囲は、南部に位置する亦庄新城の225平方キロに及ぶ計画区域、大興国際空港、亦庄を囲む6つの高速道路と都市高速道路が含まれる。) ➢2024年6月に600平方キロメートルに拡大
自動運転レベル	レベル4

【ポイント】

- 中国では、**行政が特区を設け自動運転を推進**
(北京、武漢、重慶、深セン、上海など)
- 北京 2023年3月 完全無人自動運転の実証開始
2023年7月 無人車両:116台、運行:150万件
走行距離:約200万km、
- 2024年5月 Baidu発表
 - 中国全体でBaiduは1億kmの走行実績**
 - 重大事故無し、事故率は有人運転車の14分の1**
 - 2024年内に武漢で1000台の車両を投入**
2025年に黒字化を目指す



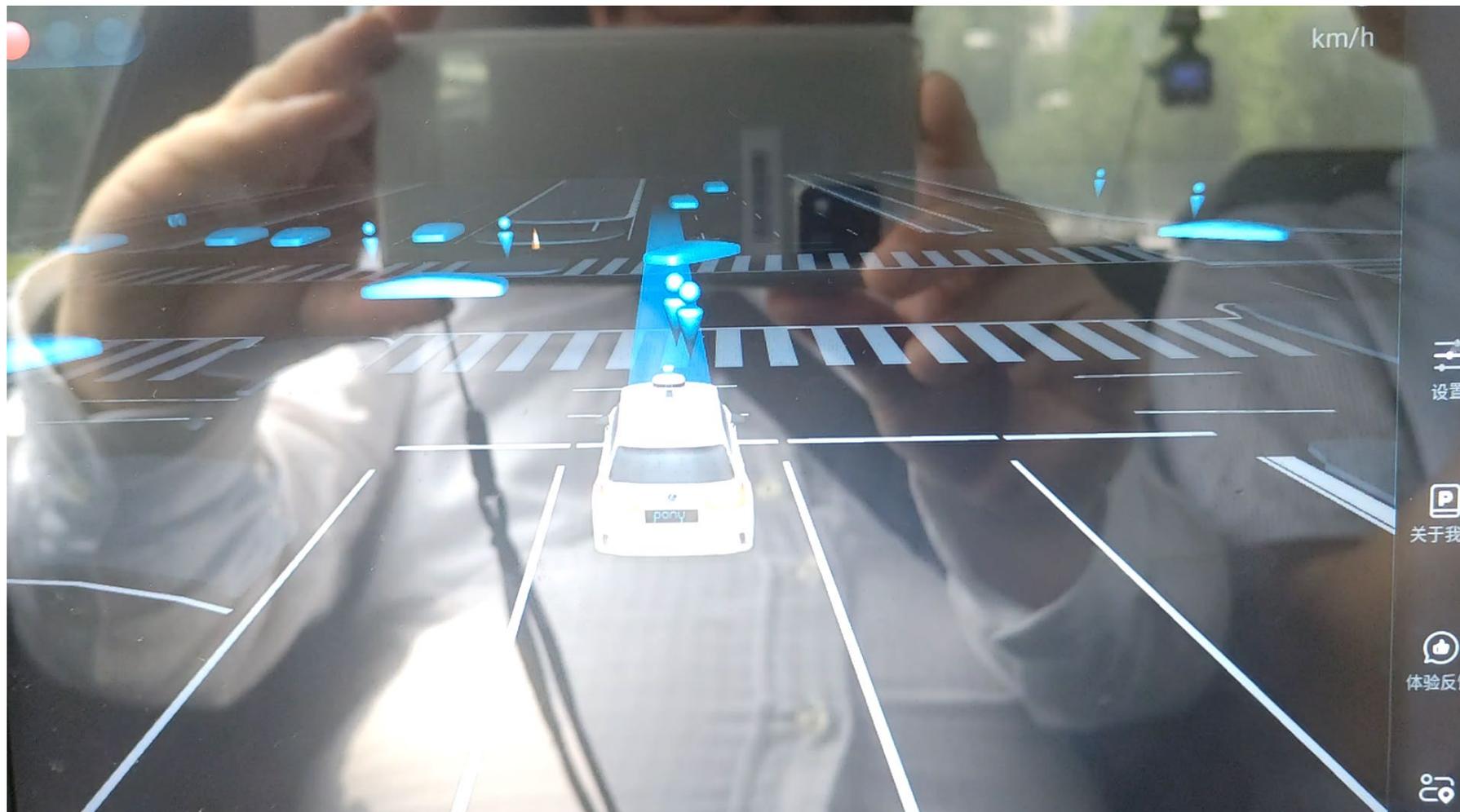
Pony.aiのロボタクシー



Baiduのロボタクシー

車両や道路のクラウド統合システムの実証事業を中国政府が発表(2024年1月)

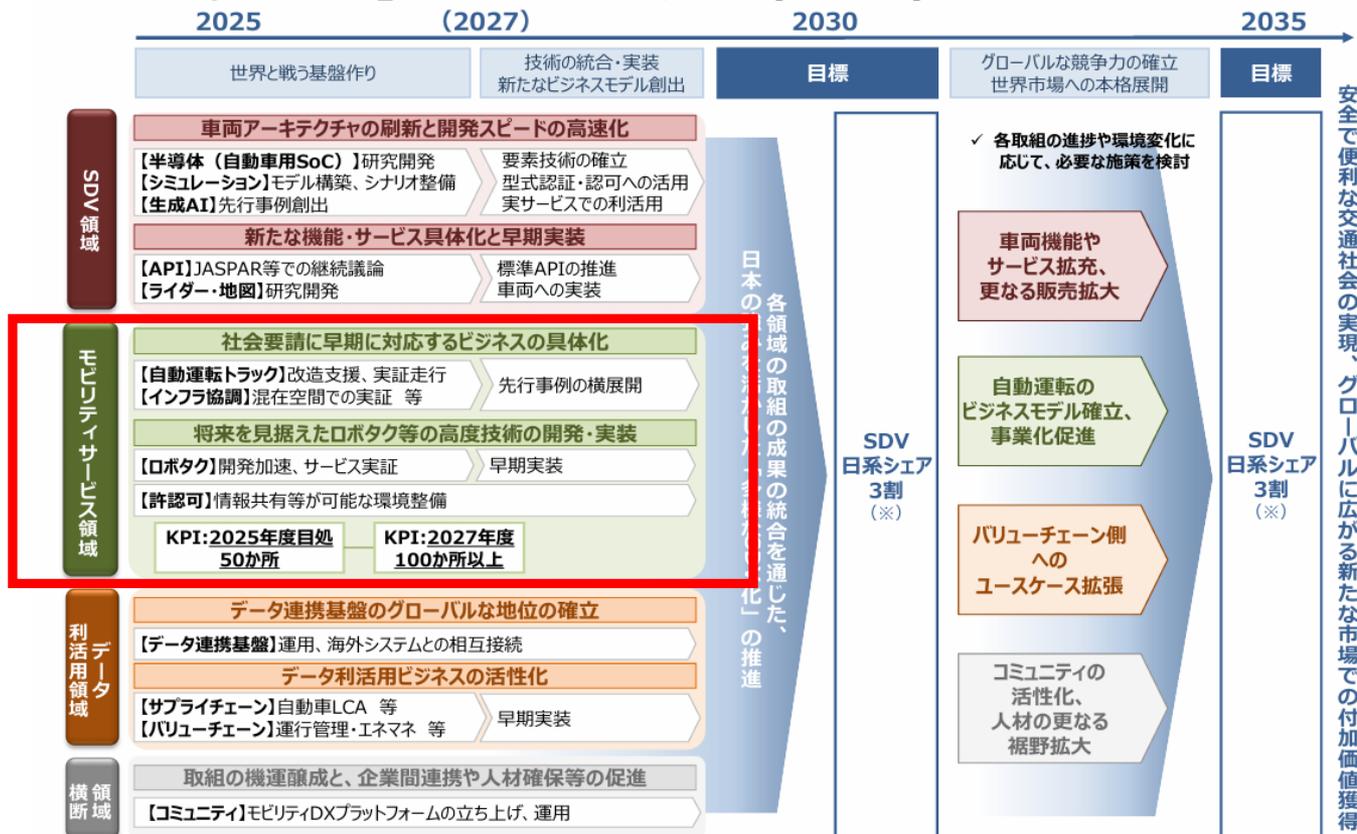
4-1. ⑥中国のロボタクシーの実態 (現地調査・ヒアリング)



4-2. 日本政府の方針

- ・デジタル田園都市国家構想総合戦略(2023改訂版)(令和5年12月26日 閣議決定)
 - レベル4自動運転移動サービスについて
 - 2025年度目途に50か所、2027年度までに100か所以上**
- ・2024年5月に経済産業省/国土交通省より「モビリティDX戦略」を公表

「モビリティDX戦略」に関するロードマップ(第4章)



※一定の想定で試算すると、2030年日系シェア3割は約1,100万台~1,200万台、2035年日系シェア3割は約1,700万台~1,900万台に相当。

出典:経済産業省・国土交通省「モビリティDX戦略」2024年5月

https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/automobile/jido_soko/mobilitydxsenryaku3.pdf

4-3. 日本での自動運転

- ・レベル4の運行許可取得は2件（2024年8月末時点）
- ・固定ルートで、専用道などでの事例が先行

タクシー



西新宿 タクシー@公道
(40km/h 定員4名)

シャトル



境町@公道
(18km/h 定員10名 仏・NAVYA製)



羽田イノベーションシティ
@施設内道路
(8km/h 定員10名 仏・NAVYA製)

小型バス



塩尻市@公道
(30km/h 定員15名
ティアフォー製)



前橋市@公道
(35km/h 定員36名
日本モビリティ製)

大型バス



平塚市@公道
(40km/h 定員79人
いすゞ自動車製)
出典:神奈川中央交通株式会社



福岡空港@空港内道路
(34km/h 定員79人
いすゞ自動車製)



茨城県 ひたちBRT@公道
(34km/h 定員56人)
出典:テーマ2 | RoAD to the L4 (road-to-the-l4.go.jp)

**レベル4
運行中**

カート



みやま市 カート@公道
(12km/h 定員4名)



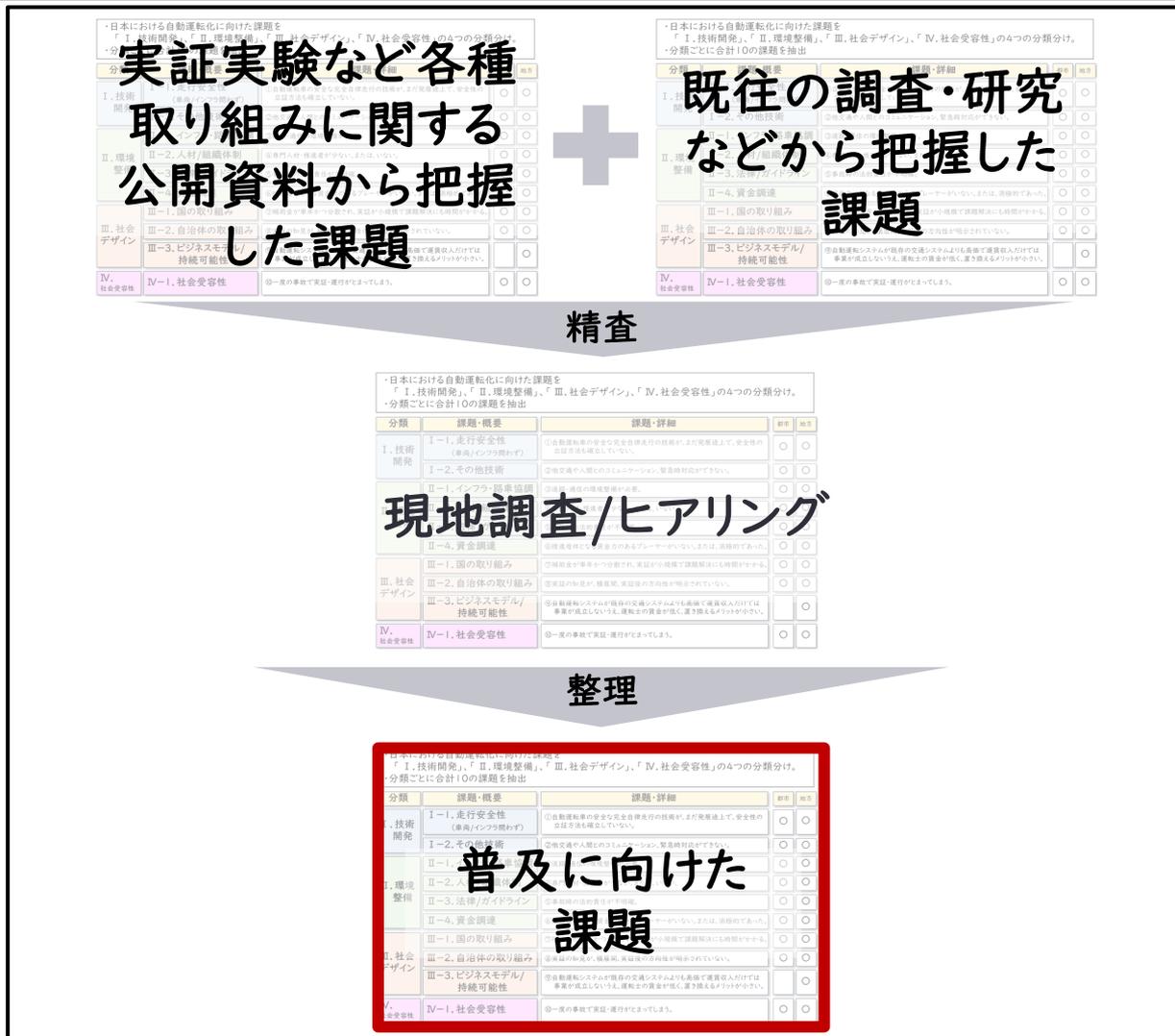
永平寺@公道
(12km/h 定員7名)

4-4. 自動運転タクシーサービス等の今後の計画

	Honda	NISSAN		TIER IV		MONET
公表	2023.10	2024.2		2024.5		2024.8
開始 予定 時期	2026年初頭	2025-26 年度 ・24年度に実証開始 ・25-26年度に サービス実証を実施	2027-28 年度	2025年	2027年	2024年度 後半
エリア	東京都内 臨海部エリア で開始し 順次拡大	横浜みなとみ らい地区、桜 木町、館内を 含む 横浜エリア	横浜に加え、 地方を含む 3~4市町村 に拡大	東京都内 3箇所 (お台場 を含む)	都内 全域	東京都内 有明地区 台場地区 青海地区
台数	数十台から スタート 500台規模 での運用見 込む	最大20台	数十台規模	-	-	2台 将来的には、 車両台数や エリアを拡大 予定
出典	本田技研工業株式会社 ① ニュースリリース (2023年10月19日) ② 第1回L4モビリティ・アク セラレーション・コミッテ ィ Honda ご説明資料 (2023年11月13日)	日産自動車株式会社 ① ニュースリリース (2024年2月28日) ② L4モビリティ・アクセラレーションコミッティ説明資料 (2024年5月10日)		株式会社ティアフォー ① ニュースリリース (2024年8月20日) ② ニュースリリース (2024年5月20日)		MONET Technologies 株式会社 ・ プレスリリース (2024年8月28日)

4-5. 日本での導入・普及に向けた課題

「実証実験など各種取り組みに関する公開資料から把握した課題」、「既往の調査・研究などから把握した課題」を収集し、現地調査/ヒアリングを通じて精査を行い、「普及に向けた課題」として整理した



4-5. 日本での導入・普及に向けた課題（一覧）

- ・日本における自動運転化に向けた課題を「Ⅰ. 技術」、「Ⅱ. 環境整備」、「Ⅲ. 社会デザイン」、「Ⅳ. 社会受容性」に分類
- ・分類ごとに合計10の課題を抽出

分類	課題・概要	課題・詳細	都市	地方
Ⅰ. 技術	Ⅰ-1. 走行安全性 (車両/インフラ問わず)	①自動運転車の安全な完全自律走行の技術が、まだ発展途上であり、安全性の立証方法も確立していない	○	○
	Ⅰ-2. その他技術	②他交通や人間とのコミュニケーションや緊急時対応	○	○
Ⅱ. 環境整備	Ⅱ-1. インフラ・路車協調	③道路・通信の環境整備の検討が必要	○	○
	Ⅱ-2. 人材/組織体制	④交通事業者や自治体に専門人材・推進者が少ない、または、いない	○	○
	Ⅱ-3. 法律/ガイドライン	⑤事故時の法的責任が不明確	○	○
	Ⅱ-4. 資金調達	⑥開発や導入に多額の費用を要する	○	○
Ⅲ. 社会デザイン	Ⅲ-1. 国の取り組み	⑦補助金が単年かつ分散され、実証が小規模で課題解決にも時間がかかる	○	○
	Ⅲ-2. 自治体の取り組み	⑧実証の知見の横展開が出来ていない	○	○
	Ⅲ-3. ビジネスモデル/ 持続可能性	⑨自動運転は既存の交通システムよりも高価で、運賃収入だけでは事業が成立しないうえ、運転士の賃金が低く、置き換えるメリットが小さい	○	○
Ⅳ. 社会受容性	Ⅳ-1. 社会受容性	⑩一度の事故で、不安感が過剰に増長される傾向があり、積極的な取り組みが阻害されうる	○	○

4-5. 日本での導入・普及に向けた課題（一覧）

- ・日本における自動運転化に向けた課題を「Ⅰ. 技術」、「Ⅱ. 環境整備」、「Ⅲ. 社会デザイン」、「Ⅳ. 社会受容性」に分類
- ・分類ごとに合計10の課題を抽出

分類	課題・概要	課題・詳細	都市	地方
Ⅰ. 技術	Ⅰ-1. 走行安全性 (車両/インフラ問わず)	①自動運転車の安全な完全自律走行の技術が、まだ発展途上であり、安全性の立証方法も確立していない	○	○
	Ⅰ-2. その他技術	②他交通や人間とのコミュニケーションや緊急時対応	○	○
Ⅱ. 環境整備	Ⅱ-1. インフラ・路車協調	③道路・通信の環境整備の検討が必要	○	○
	Ⅱ-2. 人材/組織体制	④交通事業者や自治体に専門人材・推進者が少ない、または、いない	○	○
	Ⅱ-3. 法律/ガイドライン	⑤事故時の法的責任が不明確	○	○
	Ⅱ-4. 資金調達	⑥開発や導入に多額の費用を要する	○	○
Ⅲ. 社会デザイン	Ⅲ-1. 国の取り組み	⑦補助金が単年かつ分散され、実証が小規模で課題解決にも時間がかかる	○	○
	Ⅲ-2. 自治体の取り組み	⑧実証の知見の横展開が出来ていない	○	○
	Ⅲ-3. ビジネスモデル/ 持続可能性	⑨自動運転は既存の交通システムよりも高価で、運賃収入だけでは事業が成立しないうえ、運転士の賃金が低く、置き換えるメリットが小さい	○	○
Ⅳ. 社会受容性	Ⅳ-1. 社会受容性	⑩一度の事故で、不安感が過剰に増長される傾向があり、積極的な取り組みが阻害されうる	○	○

4-5. ①技術_走行安全性の課題と対応策

日本の課題	日本の現状	海外での対応事例	日本の対応策(案)
<p>① 安全な完全自律走行の技術が、まだ発展途上であり、安全性の立証方法も確立していない</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">都市</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">地方</div> </div>	<p>【バス・タクシー共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>実証・導入台数が少なく、自律走行実績が少ない</u> ・1件当たりの走行距離が数百～数千km(令和4年の国土交通省の実証実験結果公表資料による) 	<p>【バス】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日本同様に欧米共に各地で実証実験 ・ロボタクシーの様な<u>大規模な取組みは、欧米も無い</u> <p>【タクシー】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・米国/中国では数百台規模の車両を導入し、圧倒的な走行実績 	<p>【バス・タクシー共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動運転技術の課題に対して、体系的網羅的に<u>開発や実証実験を、継続して行える枠組みと補助金制度の構築</u> <p>(補助金は単年度予算ではなく、<u>複数年継続的に行えるものが必要</u>)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・技術的な安全性の証明や自律走行実績の積み上げ

4-5. ③環境整備_インフラ・路車協調の課題と対応策

日本の課題	日本の現状	海外での対応事例	日本の対応策(案)
<p>③ 道路・通信の 環境整備の検討が 必要</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">都市</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">地方</div> </div>	<p>【バス・タクシー共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> 各地の実証実験ごとに、走行車線の整備(沿線の植栽の伐採や、路車協調システムなど)を行っている 日本の道路は狭い道(1車線)なども多く、路上駐車が障害となる 	<p>【バス・タクシー共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> 中国では、特区を設け、環境整備を実施 米国では路側に依存せず、車側で対応をすることを基本としている 	<p>【バス・タクシー共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> <u>必要な整備に関するガイドラインの策定</u> <u>整備費用の負担主体明確化と予算化</u> <u>路車協調システムの責任分解点の明確化</u> 導入推進のための、自動運転サービス特区の検討

4-5. ⑤環境整備_法律/ガイドラインの課題と対応策

日本の課題	日本の現状	海外での対応事例	日本の対応策(案)
<p>⑤ 事故時の法的責任が不明確</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動運転車における欠陥/過失の概念 ・合理的に予見される事故ケースと回避性能の判断基準 ・予見可能の中には、欠陥や過失が無くても回避困難で事故となってしまう場合があり、こういった場合の社会受容基準 ・予見困難な事故ケースが起きた際の取り扱い 等 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">都市</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">地方</div> </div>	<p>【バス・タクシー共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・無人の自動運転車が事故を起こした場合、<u>どの当事者(開発者・運行者等)がどのような場合に責任を負うのか明確でなく、イノベーションの阻害要因に</u> <p>・日本の法令に適合したシステムが必要なため、海外のシステムをそのまま使用することが難しい。 (例: 道路交通法の安全運転の義務(道路脇からの飛び出しに対する前方注意義務等))</p>	<p>【バス・タクシー共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・同様の課題はあると思われるが、米国/中国のロボタクシー分野においては個社で自動運転システムの開発と運営を実施。リスクを取って事業を進めている <p><参考></p> <ul style="list-style-type: none"> ・中国での違反や事故の扱い 深センでは、運転者のいるコネクテッドカーが安全運転義務に違反した場合、運転者が責任を負う。「完全自動運転」車が無人運転中に安全運転義務に違反した場合、車両所有者、管理者が責任を負うと規定 	<p>【バス・タクシー共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・責任判断の予測性向上 ➢ 具体化・定量化された保安基準/ガイドラインを作成し、自動運転車による交通ルールの遵守方法を明確化 <p>・事故調査機関の強化</p> <p><出典></p> <ul style="list-style-type: none"> ・デジタル行財政改革交通分野の取組と主な成果等について https://www.cas.go.jp/jp/sei/saku/digital_gyozaikaikaku/kaigi6/kaigi6_siryou1.pdf <p><参考></p> <p>デジタル庁のAI時代における自動運転車の社会的ルールの在り方ワーキンググループにて検討が進められている</p>

4-5. ⑨社会デザイン_ビジネスモデル/持続可能性の課題と対応策

日本の課題	日本の現状	海外での対応事例	日本の対応策(案)
<p>⑨</p> <ul style="list-style-type: none"> 自動運転は既存の交通システムよりも高価で、運賃収入だけでは事業が成立しないうえ、運転士の賃金が低く、置き換えるメリットが小さい メンテナンスの費用と対応 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">都市</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">地方</div> </div>	<p>【バス・タクシー共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> 自動運転車両が量産化されておらず、<u>単価が高い</u> <u>無人運転を行っていない</u>ため、既存の交通システムに対して<u>人件費の面で、コスト低減が出来ていない</u> 自動運転化導入の効果が定量化できておらず、国や自治体の制度検討・予算化に繋がっていない 	<p>【バス】</p> <ul style="list-style-type: none"> 米国では<u>共同調達</u>を目的とした自動運転バスコンソーシアムがある。各地の交通局が参加し需要を確保し、民間による開発を促進 <p>【タクシー】</p> <ul style="list-style-type: none"> 米国、中国では、<u>将来的な市場を見込み、莫大な投資</u> 低コストの車両開発や無人運転を積極的に進めている 	<p>【バス・タクシー共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> 公共交通としての導入に際しては、<u>効果・影響・需要とその受益者を明らかにしたうえ、費用負担すべき主体を明確にする</u> (例: サービスに応じた新たな運賃制度) 導入自治体においては、<u>まちづくりの一環としての自動運転サービスの在り方を検討</u> (公共財としての位置付けの明確化) 大規模な取組を可能とする補助金上限の引き上げ

4-5. ⑩社会受容性の課題と対応策

日本の課題	日本の現状	海外での対応事例	日本の対応策(案)
<p>⑩ 自動運転システムは安全性が担保されることが最重要であるが、一度の事故で、不安感が過剰に増長される傾向があり、積極的な取り組みが阻害されうる</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">都市</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">地方</div> </div>	<p>【バス・タクシー共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・永平寺での実証実験中に、停めてあった自転車と衝突する事故があり、ソフトウェアの修正を行い、安全が確認されるまで運行を停止した ・システムやソフトウェアに起因しない事故の場合は、原因と再発防止策を報告し、再開している (例:福岡市での自動運転車両の接触事故後の運行再開について (softbank.jp)) 	<p>【バス・タクシー共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>米国でも軽微な事故は有るものの、継続して運行</u> ・2021年7月～2024年7月15日に米国で698件(内606件は負傷者無し)の事故が報告されている (出典:Standing General Order on Crash Reporting NHTSA) ・2023年10月に発生したCruiseの事故では、Cruise側が適切に情報を開示しなかったため、営業許可停止中 	<p>【バス・タクシー共通】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・米国同様に事故に関する情報を一元化し、<u>公開することで、社会の理解を醸成</u>する ・メディアにおいても、<u>正確な情報の報道</u>が求められる ・<u>安全性やサービスレベルの周知と社会的合意を図る</u> ・利用者や周辺住民の<u>乗車体験を増やし、受容性を向上</u>

4-5. 自動車での導入・普及に向けた課題への対応策(まとめ)

日本の対応策(案) ※今回発表範囲に限る



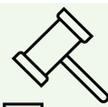
自律走行

- ・技術課題に対して、体系的・網羅的に、開発や実証実験を継続して行えるような枠組みと補助金制度の構築
(単年度予算ではなく、複数年継続的に行えるもの)



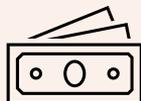
インフラ整備

- ・必要な整備に関するガイドライン策定
- ・整備費用の負担主体明確化と予算化



事故時の責任

- ・基準の具体化・定量化等を通じた責任判断の予測性向上
- ・事故調査機関の強化



ビジネスモデル

- ・まちづくりの一環としての自動運転サービスの在り方の検討
- ・補助金上限の引き上げ
- ⇒ 効果・影響の受益者を明確にした上で費用負担の議論が必要
なため、効果・影響の定量化が必要



社会受容性

- ・安全性やサービスレベルの周知、乗車体験の促進
- ・自動運転化の効果・影響の定量的提示

5. 鉄道における現状

5-1 各国の動向

5-2 海外の導入状況分析(①~③)

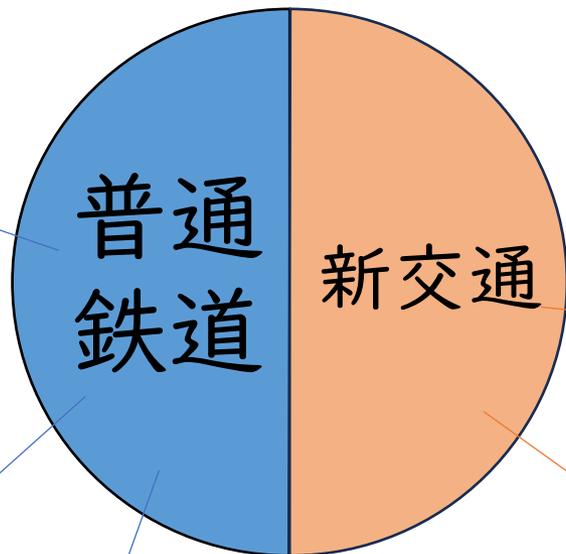
5-3 日本政府の方針

5-4 日本の導入状況

5-5 日本での導入・普及に向けた課題と対応策

5-1. 各国の動向 (鉄道の分類について)

- ・普通鉄道: 立体交差・平面交差の地上鉄道及び地下鉄
- ・新交通: モノレール及び高架AGTを含むコンクリート走行路式輸送システム



※ AGT: Automated Guideway Transit ゴムタイヤ式自動案内軌条式旅客輸送システム

5-1. 各国の動向 (無人自動運転導入状況)

日本及び海外各国にて
無人運転実績なし



平面交差あり

普通
鉄道

新交通

日本及び海外各国にて
無人運転実績あり



モノレール



全線高架

海外各国にて
無人運転実績あり



地下鉄



高架AGT※

※ 無人運転:GOA3及びGOA4

※ AGT:Automated Guideway Transit ゴムタイヤ式自動案内軌条式旅客輸送システム

5-1. 各国の動向（無人自動運転導入路線数）

- ・普通鉄道において無人自動運転路線が増加
- ・日本のメーカーのシステム提供により、無人自動運転を実施している例多数
- ・踏切などの平面交差を有する普通鉄道においては、無人自動運転実績なし

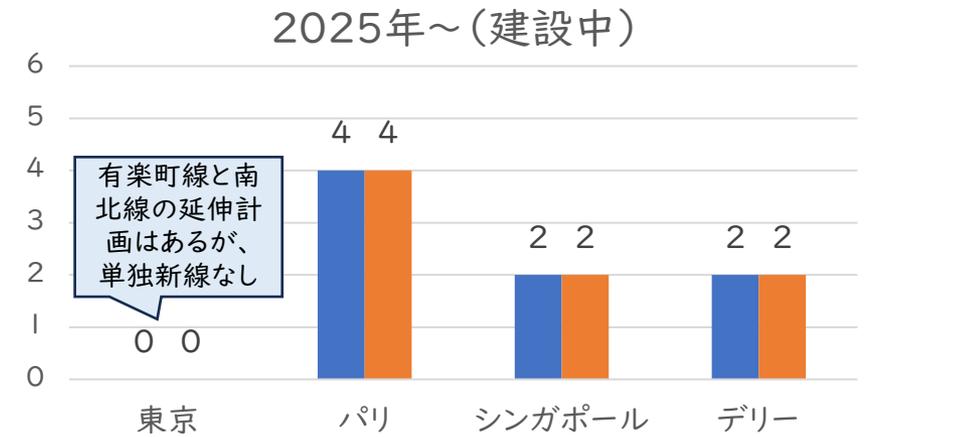
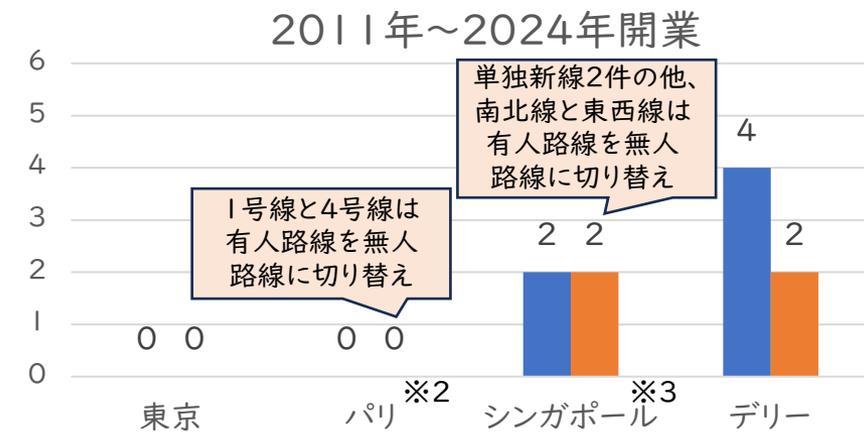
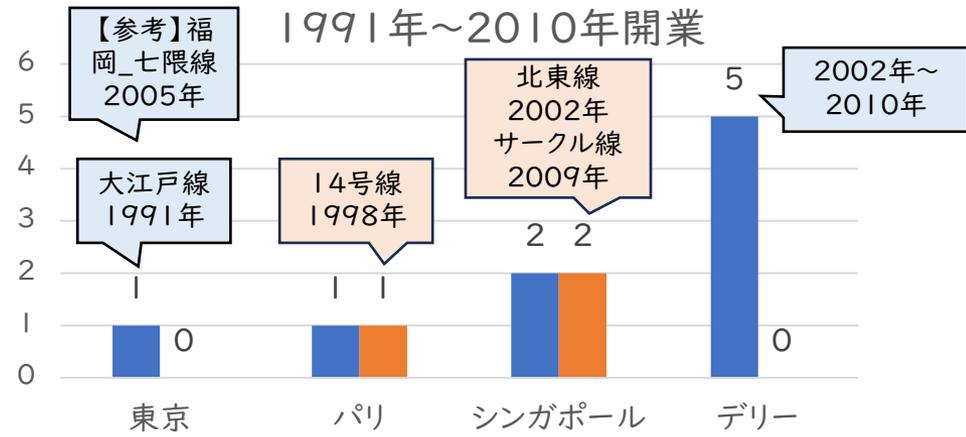
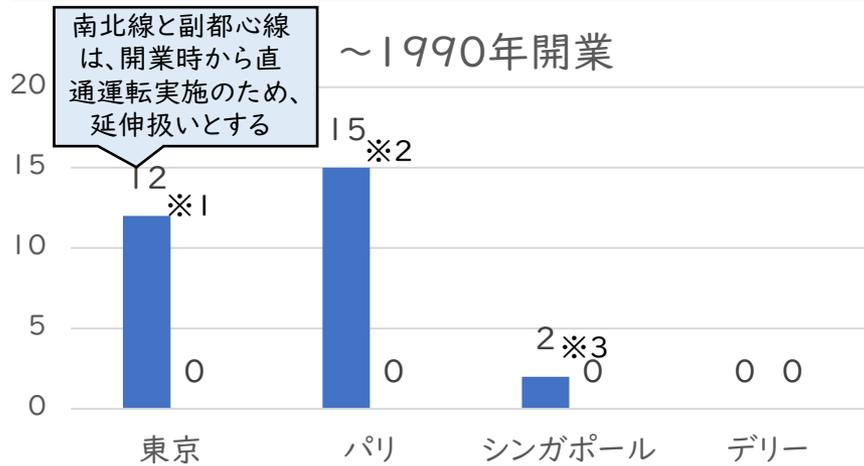
地域	国	GOA3・4導入 路線数	内普通鉄道 (※1)	普通鉄道 本線無人開始年次	内新交通	新交通 無人開始年次
	日本	8	0	—	8	1981
ヨーロッパ	フランス	12	7	1983	5	1991
	ドイツ	2	2	2008	0	—
	イギリス	1	1	1987	0	—
	イタリア	5	4(3)	2013	1	2006
	スペイン	3	3	2009	0	—
	スイス	1	1	2008	0	—
	デンマーク	4	4(4)	2002	0	—
	ハンガリー	2	2	2013	0	—
	ブルガリア	1	1	2020	0	—
	中東	トルコ	8	8	1996	0
UAE		3	2(1)	2009	1	2009
カタール		3	3	2019	0	—
アジア	マレーシア	3	3	1998	0	—
	シンガポール	10	7	1999	0	—
	インドネシア	3	3	2023	0	—
	インド	7	7(3)	2011	0	—
	パキスタン	1	1	2020	0	—
	タイ	3	0	—	3	2020
	台湾	3	2(1)	2021	1	1996
	韓国	11	7(1)	2011	4	2011
	中国	45	43(1)	2005	2	2020
オセアニア	オーストラリア	1	1	2019	0	—
北米	アメリカ	11	7(1)	2014	4	1975
	カナダ	4	4	1985	0	—
中南米	チリ	2	2	2017	0	—
	ブラジル	6	5	2010	1	2014
	ペルー	2	2(2)	2022	0	—

※1 日本のメーカーによるシステム提供事例数

※ 2024年9月時点のデスクトップ調査にて情報を入手できる路線のみ記載

5-2. 海外の導入状況分析 (地下鉄**単独**新線建設及び内無人路線数)

- ・2000年前後を境に、無人自動運転地下鉄路線が増加
- ・海外の事例は、主に**単独新線建設** (延伸は除く) 時に無人自動運転を導入
- ・フランス及びシンガポールでは、**有人路線を無人に切り替えた事例あり**



■ 建設路線数

■ 内無人路線数

※ 延伸新線は除く

※1 南北線及び副都心線は1991年及び1994年の開業であるが、全線開業当初より相互直通を行っているため、延伸扱いとした

※2 1号線及び4号線は2011年及び2023年に無人自動運転へ切り替え

※3 南北線及び東西線は2018年に無人自動運転へ切り替え

5-2. ①パリの無人自動運転地下鉄の実態 (デスクトップ調査)

14号線へのGOA4導入以降、有人運転路線全15路線の内、2路線を無人自動運転化

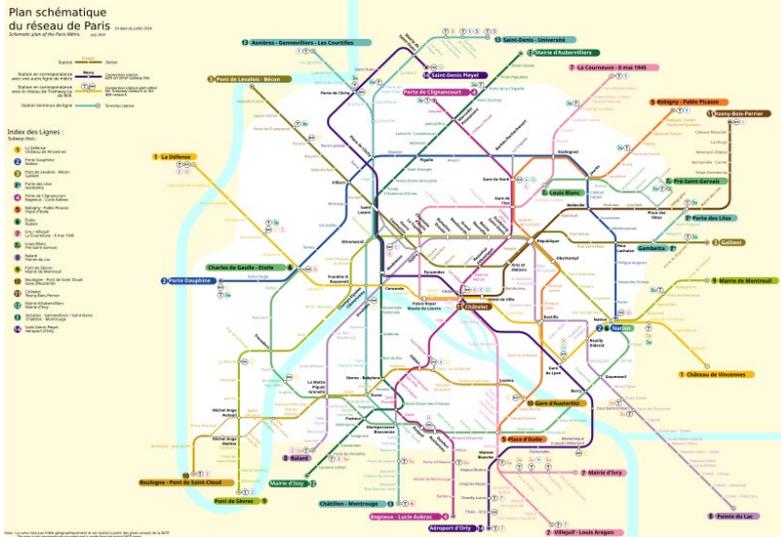
推進主体 RATP (パリ交通公団)

開始年度 (GOA4)

- 【単独新線】 14号線 (濃紫) : 1998年
- 【有人から切り替え】 1号線 (黄) : 2011年 (開業は1900年)
- 4号線 (濃桃) : 2023年 (開業は1908年)

【概要】

- ・1998年、14号線が **世界初の大容量無人自動運転路線**として開業
- ・2011年、1号線は大規模な運行中断を伴うことなく、**無人自動運転に転換**
- ・2023年、4号線も **無人自動運転に転換**し、乗客サービス、リアルタイム適応性、定時性が改善



パリ地下鉄路線網_全16路線、245.6km



<http://funini.com>

パリ地下鉄14号線
出典: funini.com

出所: RATP Group, the world leader in automated metro systems
RATP A new era for the automated line 4 in Paris!

5-2. ①パリの無人自動運転地下鉄の実態 (デスクトップ調査)

推進主体 RATP (パリ交通公団)

【ポイント】

- ・無人運転導入に際し、**ホームドアを設置**
- ・過走時は次駅まで運行、開閉扉トラブルや駅間停止時は駅係員が対応
- ・**Île-de-France Mobilités (パリ圏の運輸局) の出資**により無人運転導入
- ・**大規模なストライキ中の14号線正常運行**により、市民から信頼を得て、労働組合の反対を押し切り、有人運転路線の1号線を無人自動運転に転換
- ・既設線の乗務員は、別路線でのキャリア継続か、無人化により必要となる監視員等へ転身



パリ地下鉄1号線_無人自動運転転換前
 出典:funini.com



パリ地下鉄1号線_無人自動運転転換後
 出典:[Greenski](#), Metro Paris - Ligne 1 - Berault -
 Installation facades de quai (34), 2009, [CC BY-SA 3.0](#)

5-2. ②シンガポールの無人自動運転地下鉄の実態 (デスクトップ調査)

2000年代、新規路線で無人自動運転地下鉄を多数開業、既設線も全て無人自動運転化

推進主体 SMRT (陸運局傘下)、SBS Transit (民間) ※建設は政府による

開始年度 (GOA4) 【単独新線】北東線 (紫): 2003年, サークル線 (黄): 2009年, ダウンタウン線 (青): 2013年, トムソン・イーストコースト線 (茶): 2020年
 【有人から切り替え】南北線 (赤): 2018年 (開業は1987年)
 東西線 (緑): 2018年 (開業は1990年※1)

【概要】 ※1 1987年~1990年までは南北線の一部として運行、1990年に分離

- ・2003年に、**国内初の無人自動運転地下鉄路線**である北東線が開業
- ・既存線である南北線及び東西線は、信号設備更新の際にCBTC、無人自動運転導入
- ・民間では設備投資が進まないため、**政府が設備を所有し、設備投資**を実施する政策に変更

【ポイント】

- ・**設備更新の際に、無人自動運転に対応したシステムに変更**



北東線

出典: シンガポール陸運局 LTA



シンガポール地下鉄路線網_全6路線、241km
 出典: シンガポール陸運局 LTA HP

出所: Land Transport Authority Current Rail Lines
https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/getting_around/public_transport/rail_network.html

5-2. ③デリーの無人自動運転地下鉄の実態 (デスクトップ調査)

日本の信号メーカーによる無人自動運転システムの提供例

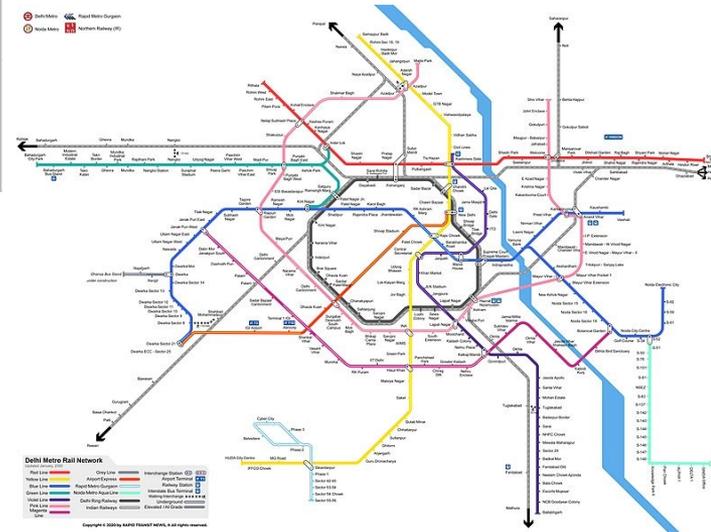
推進主体	DMRC (デリー地下鉄鉄道協同組合)
開始年度 (GOA4)	7号線 (桃) : 2021年 (開業は2018年) 8号線 (濃桃) : 2020年 (開業は2018年)

【概要】

- ・ 8号線は、日本信号株式会社による**無人自動運転**を含む信号システムの設計・製造・工事・メンテナンス
- ・ 7号線は、加ボンバルディア社製のシステムにより建設
- ・ 2019年に建設された9号線 (灰) には、CBTCシステムは導入されたが、**ホームドアは未設置のため無人自動運転は未実施**

【ポイント】

- ・ **日本の信号メーカーによる**無人自動運転システム提供
- ・ 開業当初からシステムは無人自動運転に対応



デリー地下鉄路線網_全9路線、350.42km
 出典: [AshuArtsNew](#), Delhi Metro Network 2020, 2020, [CC BY-SA 4.0](#)



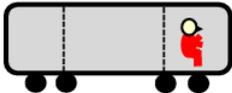
8号線

出典: 日本信号株式会社

5-3. 日本政府の方針

- ・2024.3自動運転の技術基準の改正により、平面交差を有する構造やホームドアのない路線においてGOA2.5自動運転が可能に
- ・更なる取組促進を目的に、「鉄道における自動運転の導入・普及に関する連絡会」を開催

運転士がいない自動運転

自動化レベル (IEC(JIS)による定義※)	乗務形態のイメージ	導入状況
GOA0~2	 運転士が乗務	GOA0 (路面電車) GOA1 (一般的な路線) GOA2 (東京メトロ丸ノ内線、つくばエクスプレス等)
GOA2.5 ※IEC及びJISには定義されていない、日本が独自に設定したレベル	 運転士ではない係員が列車の前頭に乗務 <役割> 緊急停止操作、避難誘導等	J R 九州 香椎線 (2024年3月16日より営業運転開始)
GOA3 添乗員付き自動運転	 添乗員(運転士ではなく、緊急停止操作も行わない)が乗務 <役割> 避難誘導等	(一部のモノレール：舞浜リゾートライン)
GOA4 自動運転	 係員(※)の乗務無し ※ 運転士、車掌、運転士ではない係員、添乗員	(一部の新交通等：ゆりかもめ、神戸新交通等)

GOA: Grade Of Automation

※IEC 62267(JIS E 3802): 自動運転都市内軌道旅客輸送システムによる定義

(IEC: 国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission) 電気及び電子技術分野の国際規格の作成を行う国際標準化機関) 65

5-4. 日本の無人自動運転（普通鉄道）の実態

- ・各所でGOA2.5に向けた取組みが行われている。
- ・地上センサ及び前方障害物検知システムの開発・検証も進められている。

我が国における自動運転導入検討路線

国土交通省

自動化 レベル	事業者名 (路線名)	スケジュール(目標時期)		備 考
		検証運転	営業運転	
GOA2.5	JR九州 (香椎線)	2019年12月～2020年2月 2020年12月～2024年3月	2024年3月	
	南海電鉄 (和歌山港線)	2023年8月～	未 定	高師浜線も検討
	東京メトロ (丸の内線)	2025年度予定	未 定	
	大阪メトロ (中央線)	2024年度予定	未 定	
	JR西日本 (環状線等)	2020年2月(今後は未定)	未 定	
GOA3	JR東日本 (在来線)	2018年度～2022年度 (GOA2)	未 定	
	JR東日本 (上越新幹線)	未 定	2030年代中頃	
	東武鉄道 (大師線)	未定	未 定	地上センサ及び前方障害物 検知システムは2023年度より 検証開始
GOA4	JR東日本 (上越新幹線)	2021年10～11月 (GOA4想定)	2020年代末	新潟駅から新潟新幹線車両 センター間の回送列車

出所:国土交通省
鉄道局令和6
年度交通政策
審議会陸上交
通分科会鉄
道部会資料

5-4. 福岡の自動運転地下鉄の実態 (現地調査・ヒアリング)

ドライバーレス運転が可能なシステムを導入済みの路線例

推進主体者	福岡市交通局
開始年度	2005年 (GOA2)

【概要】

- ・免許を持たない乗務員での **ドライバーレス運転ができる車両構造**
- ・**現在は、有人運転**にて運行
- ・お客様の乗降時の **安全確保や扉挟み防止** の観点から、乗務員を車両前方の運転席に配置し、乗降の際には乗務員が扉の開閉操作を行っている

【ポイント】

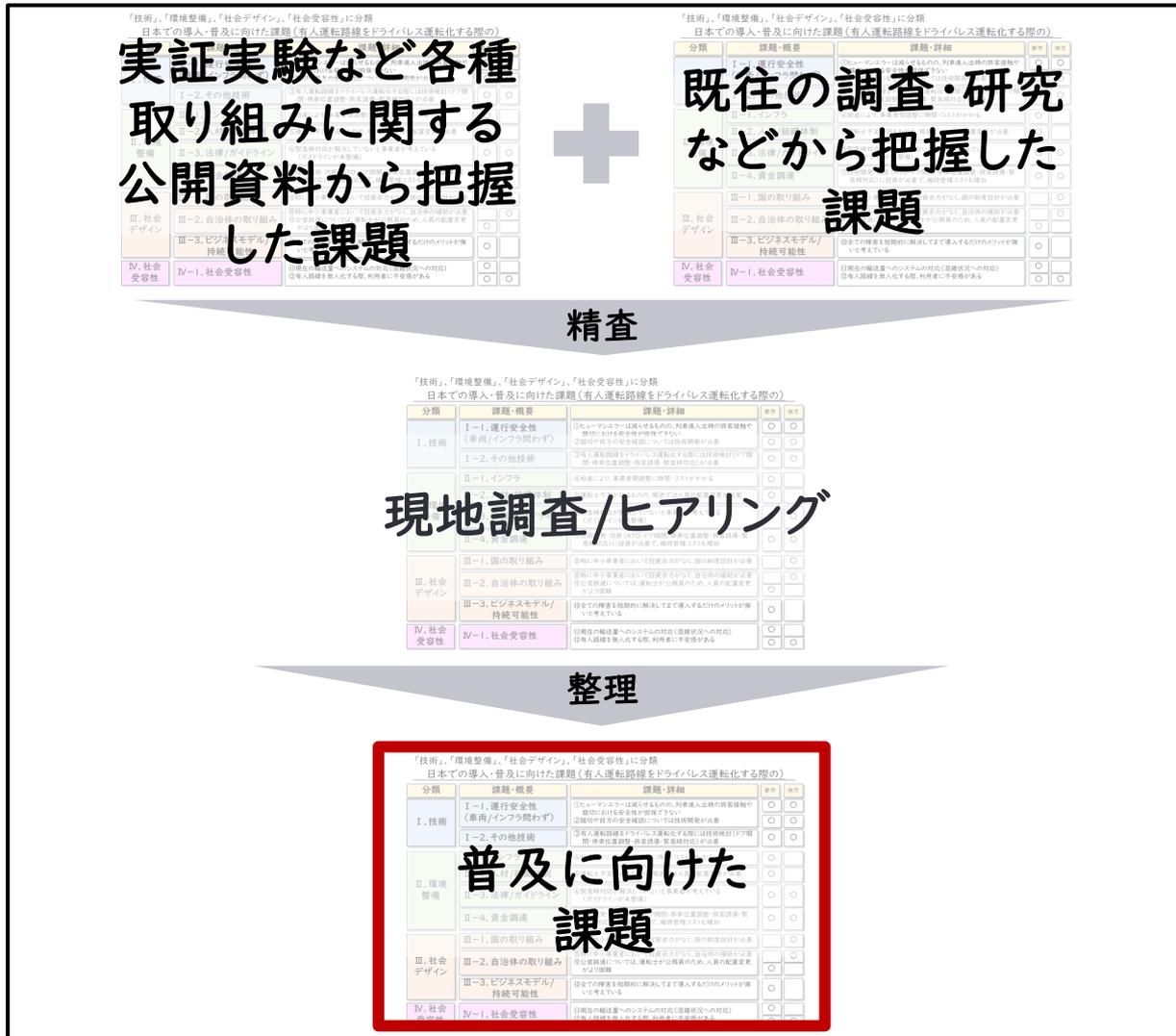
- ・現在のところ、**幸い運転手不足の状況ではない**ので、お客様の安全確保を優先して、有人運転を実施 (2023.1時点)
- ・地下鉄ドライバーレス運転には、**閉鎖されたトンネル空間からくる不安感**があるとの声あり



福岡市地下鉄 七隈線

5-5. 日本での導入・普及に向けた課題

「実証実験など各種取り組みに関する公開資料から把握した課題」、「既往の調査・研究などから把握した課題」を収集し、現地調査/ヒアリングを通じて精査を行い、「普及に向けた課題」として整理した



5-5. 日本での導入・普及に向けた課題（一覧）

・日本における自動運転化に向けた課題（有人運転路線をドライバレス運転化する際の）を「Ⅰ. 技術」、「Ⅱ. 環境整備」、「Ⅲ. 社会デザイン」、「Ⅳ. 社会受容性」に分類

分類	課題・概要	課題・詳細	都市	地方
Ⅰ. 技術	Ⅰ-1. 運行安全性 (車両/インフラ問わず)	①ヒューマンエラーは減らせるものの、列車進入出時の旅客接触や踏切における安全性が担保できない ②踏切や前方の安全確認については技術開発が必要	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ⅰ-2. その他技術	③有人運転路線をドライバレス運転化するには技術検討(ドア開閉・停車位置調整・旅客誘導・緊急時対応)が必要	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ⅱ-1. インフラ	④相直により、事業者間調整に時間・コストがかかる	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ⅱ. 環境整備	Ⅱ-2. 人材/組織体制	⑤運転士不足が迫るものの、現状では人員の配置変更が必要	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ⅱ-3. 法律/ガイドライン	⑥緊急時対応が解決していないと事業者が考えている(ガイドラインが未整備)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ⅱ-4. 資金調達	⑦技術開発・改修(ATO・ドア開閉・停車位置調整・旅客誘導・緊急時対応)に投資が必要で、維持管理コストも増加	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ⅲ-1. 国の取り組み	⑧特に中小事業者において投資余力がなく、国の制度設計が必要	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ⅲ. 社会デザイン	Ⅲ-2. 自治体の取り組み	⑧特に中小事業者において投資余力がなく、自治体の補助が必要 ⑨公営鉄道については、運転士が公務員のため、人員の配置変更がより困難	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ⅲ-3. ビジネスモデル/ 持続可能性	⑩全ての障害を短期的に解決してまで導入するだけのメリットが無いと考えている	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ⅳ. 社会受容性	Ⅳ-1. 社会受容性	①現在の輸送量へのシステムの対応(混雑状況への対応) ②有人路線を無人化する際、利用者に不安感がある	<input type="radio"/>

5-5. 日本での導入・普及に向けた課題（一覧）

・日本における自動運転化に向けた課題（有人運転路線をドライバレス運転化する際の）を「Ⅰ. 技術」、「Ⅱ. 環境整備」、「Ⅲ. 社会デザイン」、「Ⅳ. 社会受容性」に分類

分類	課題・概要	課題・詳細	都市	地方
Ⅰ. 技術	Ⅰ-1. 運行安全性 (車両/インフラ問わず)	①ヒューマンエラーは減らせるものの、列車進入出時の旅客接触や踏切における安全性が担保できない ②踏切や前方の安全確認については技術開発が必要	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ⅰ-2. その他技術	③有人運転路線をドライバレス運転化するには技術検討(ドア開閉・停車位置調整・旅客誘導・緊急時対応)が必要	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ⅱ. 環境整備	Ⅱ-1. インフラ	④相直により、事業者間調整に時間・コストがかかる	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ⅱ-2. 人材/組織体制	⑤運転士不足が迫るものの、現状では人員の配置変更が必要	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ⅱ-3. 法律/ガイドライン	⑥緊急時対応が解決していないと事業者が考えている(ガイドラインが未整備)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ⅱ-4. 資金調達	⑦技術開発・改修(ATO・ドア開閉・停車位置調整・旅客誘導・緊急時対応)に投資が必要で、維持管理コストも増加	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ⅲ. 社会デザイン	Ⅲ-1. 国の取り組み	⑧特に中小事業者において投資余力がなく、国の制度設計が必要	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ⅲ-2. 自治体の取り組み	⑧特に中小事業者において投資余力がなく、自治体の補助が必要 ⑨公営鉄道については、運転士が公務員のため、人員の配置変更がより困難	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Ⅲ-3. ビジネスモデル/ 持続可能性	⑩全ての障害を短期的に解決してまで導入するだけのメリットが無いと考えている	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ⅳ. 社会受容性	Ⅳ-1. 社会受容性	⑪現在の輸送量へのシステムの対応(混雑状況への対応) ⑫有人路線を無人化する際、利用者に不安感がある	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5-5. ⑤環境整備_人材/組織体制の課題と対応策

日本の課題	日本の現状	海外での対応事例	日本の対応策(案)
<p>⑤ 運転士不足が迫るものの、現状では人員の配置変更が必要 (ドライバレス運転(GOA3以上)においては運転士が不要となるため)</p> <p>都市</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ドライバレス運転においては運転士が不要となるが、運転士の労働意欲低下が懸念され、配置転換を推進しづらい、また、積極的に自動化への取り組みができない、公表できない ・既に人員不足が露呈している事業者においては、課題ではない 	<ul style="list-style-type: none"> ・運転士は別路線でのキャリア継続、または無人自動運転化によって必要となる監視員などへ<u>転身できるような組合と合意</u> (例：パリメトロ) 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>人員数・自動運転化路線数・自動運転レベル</u>などを加味した<u>段階的な自動化の導入</u>

5-5. ⑥環境整備_法律/ガイドラインの課題と対応策

日本の課題	日本の現状	海外での対応事例	日本の対応策(案)
<p>⑥ 緊急時対応が解決していないと認識されている (ガイドラインが未整備)</p> <p>都市 地方</p>	<p>・テロ、列車火災、駅間停止時の<u>避難対応</u>、また<u>その要否が不明確</u></p>	<p>・駅間停止は可能性が非常に低いので切り捨てる。テロがあった時に添乗員が1人いても仕方がない (例:パリメトロ)</p>	<p>・ガイドラインの策定(装置と司令員もしくは添乗員との<u>役割・責任分担の整理</u>が必要)</p> <p>・駅係員が迅速に現着できる仕組みづくり (例:ゆりかもめ)</p>

5-5. ⑦環境整備_資金調達の課題と対応策

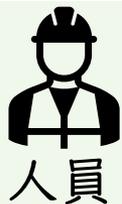
日本の課題	日本の現状	海外での対応事例	日本の対応策(案)
<p>⑦ 技術開発・改修 (ATO・ドア開閉・ 停車位置調整・ 旅客誘導・緊急時 対応)に投資が 必要で、維持管理 コストも増加</p> <p>都市 <input type="checkbox"/> 地方 <input type="checkbox"/></p>	<ul style="list-style-type: none"> 日本では一部の事業者が<u>独自の企業努力</u>で投資を行っている 	<ul style="list-style-type: none"> 上下分離 <u>行政からの補助金</u> (例:パリメトロ4号線_Île-de-France Mobilités (パリ圏の運輸局)の全額出資により無人自動運転化し、その費用は約4億8,000万ユーロ) <u>設備更新の際</u>に、無人自動運転に対応したシステムに変更 (例:シンガポール_費用は行政が負担) 	<ul style="list-style-type: none"> <u>将来的な費用対効果を明らかにし、設備更新時などにおける計画的な投資が必要</u> 上下分離の検討(地方) 行政からの補助金 or 利用者負担 (自動運転により<u>鉄道サービスを維持・向上できることの受益の明確化</u>)

5-5. ⑫社会受容性の課題と対応策

日本の課題	日本の現状	海外での対応事例	日本の対応策(案)
<p>⑫ 有人路線を無人化する際、利用者に不安感がある</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="23 949 170 1016" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">都市</div> <div data-bbox="183 949 330 1016" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">地方</div> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・安心のための過剰な安全投資をせざるを得ない傾向がある ・閉鎖されたトンネル空間における無人自動運転へ不安感がある (例:七隈線) 	<ul style="list-style-type: none"> ・日本と比較して、<u>利用者の自己責任の範囲が大きい</u> ・有事の際は、駅間であっても駅係員が現場に駆け付け対応 (例:パリメトロ) ・ストライキ時における運行も高評価を受ける 	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>鉄道サービスの維持・向上など</u>利用者に対する自動運転の<u>効果を明らかにし、周知・啓発</u> ・自動運転の乗車体験による不安感の払拭

5-5. 日本での導入・普及に向けた課題への対応策(まとめ)

日本の対応策(案) ※今回発表範囲に限る



- ・人員数、無人・自動化路線数などを加味した段階的な無人・自動化の導入



- ・ガイドラインの策定
(装置と司令員もしくは添乗員との役割・責任分担の整理)



- ・政府補助金、利用者負担、ユニバーサル料などの導入
⇒ 効果・影響の受益者を明確にした上で費用負担の議論が必要
なため、効果・影響の定量化が必要



- ・新線建設又は、既設線は投資回収を考慮し設備更新や延伸の際に導入
(CBTCと併せた自動運転導入による、効果の効率的な最大化)



- ・安全性やサービスレベルの周知、乗車体験の促進
- ・自動運転化の効果・影響の定量的提示

6. まとめ

主な陸上交通を対象に自動運転の海外と日本における現状について示し、普及加速化に向けた課題についても検討した

<各モードの状況>



■ タクシー

- ・ 米国/中国は社会実装されている状況
- ・ それ以外の国では、実証実験段階



■ バス

- ・ 一部でレベル4導入済み、日本/海外共に、多くは実証実験段階



■ 鉄道

- ・ 海外では主に新線建設時にGOA4の導入が進んでいる。(一部既設線の無人化事例もあり)
- ・ 日本は技術は保有しているものの、単独新線建設があまりなく、新交通での導入に限られる

6. まとめ

<自動運転の意義と課題>

自動運転は 国際競争力強化、経済成長・産業創出、安全性の向上、環境負荷の低減、移動の確保、人手不足の解消 など、わが国にとっても大きな意義がある。

一方で普及加速化に向けた課題はタクシー、バス、鉄道すべてにおいて技術的な課題だけでなく 多岐にわたる ことを示した

I. 技術

II. 環境整備

III. 社会デザイン

IV. 社会受容性

<今後の本研究の方向性>

自動運転の普及加速化には、自動運転化を実施した場合の効果や影響をすべてのステークホルダーが認識し、自発的に協力する必要がある。

今後実施すること…



- ① 効果・影響の定性的／定量的な分析で自動運転化の受益者を明らかにする
- ② 自動運転化を普及・加速化するための提言

持続可能な公共交通の構築に寄与