

自動運転の実装が期待される社会における「安全」に必要な 視点と観点

2024年12月20日



中野公彦
東京大学生産技術研究所



実装されたレベル4自動運転サービス

福井県永平寺町



©OpenStreetMap
<https://www.openstreetmap.org/copyright>

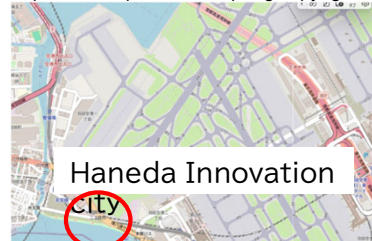
歩行者自転車が入行できる遊歩道を走行するカートを使った移動サービス。カートは2023年3月30日に道路運送車両法の自動運転車として認可され、2023年5月11日に道路交通法の自動運転許可が下りた。

三重県多気町VISONも特定自動運行許可を得ており、自動運転を実施予定。また、長野県塩尻市のように、道路運送車両法の自動運転車として認可された地域も多くあり、今後の特定自動運行は増える予定である。

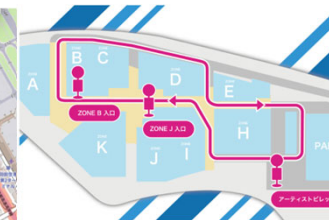


大田区羽田イノベーションシティ

©OpenStreetMap
<https://www.openstreetmap.org/copyright>



<https://haneda-innovation-city.com/bus-schedule/>



フランス製の電気バス（ARMA）を使い、HANEDA INNOVATION CITYの敷地内を時速20km以下で1周するレベル4の自動運転サービスが2024年8月に実現した。

北海道上士幌町



上士幌町ウェブサイト
<https://www.kamishihoro.jp/entry/00006335>

上士幌交通ターミナルから上士幌町役場北側までの片道約600mを、時速12km以下でレベル4の自動運転を行う。

RoAD to the L4事業(2021年9月～)

経済産業省・国土交通省RoAD to the L4ウェブページ
<https://www.road-to-the-l4.go.jp/about/>

テーマ1 福井県永平寺町

- ・鉄道廃線跡地の自転車歩行者専用道路を自動運転車両の走路として通行許可承認取得
- ・木々の深い山間の走路のため、電磁誘導線を用いた小型電動カートを活用
- ・1人の遠隔監視・操作者が3台を運行可能なレベル3の自動運行装置の認可を日本初で取得し、2021年3月から無人自動運転移動サービスとして事業運行中



テーマ2 ひたちBRT (茨城県日立市)

- ・鉄道跡地をバス専用道路空間として整備
- ・一般車両や自転車などが混在しない
- ・時間帯顧客別にダイヤを構成。朝夕は駅への通勤・通学利用が多く、日中はスーパーなどを沿線住民が利用



テーマ3 第二東名高速

- ・日本の大都市間（東京～名古屋）を接続する高速道路
- ・従来の東名高速道路に並行し、現在、6車線化（片道3車線）の整備が進む
- ・路車間通信（V2I）実証実験も予定

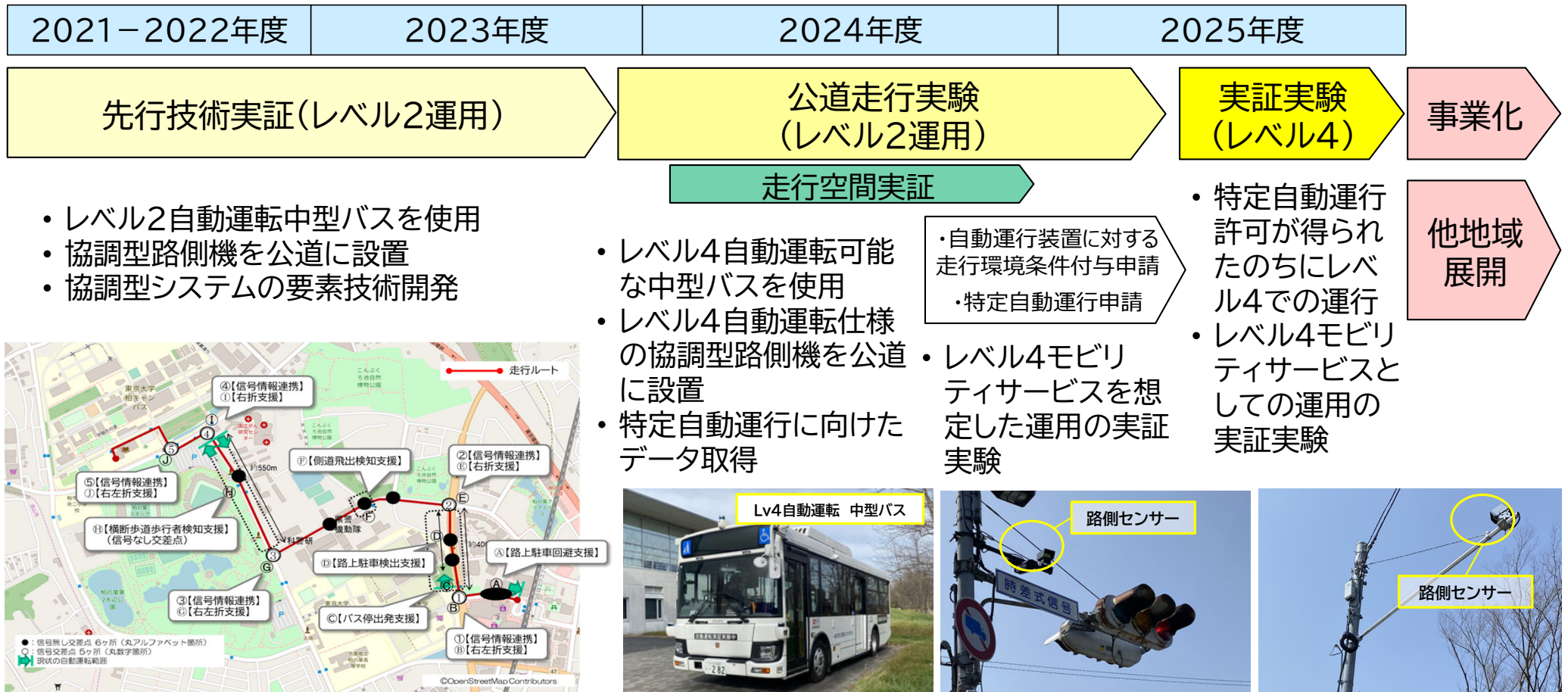


テーマ4 柏の葉(千葉県柏市)

- ・東京大学、がん研究センターなど拠点施設が存在する再開発エリア
- ・「柏の葉スマートシティコンソーシアム」として、地域の移動需要を多様なデータ（プローブデータなど）から把握・予測し、MaaS展開を見据えた情報基盤を構築



レベル4に向けたスケジュール



地域のニーズ・課題の整理～将来的な柏の葉の交通体系案

- 柏の葉地域における交通事業者とも議論を行い、「運転手不足」が喫緊の課題であることを確認。
- 基幹路線からレベル4自動運転バスを導入することで、運転手のリソースを周縁部のサービス等に充当し、地域全体の移動サービスの最適化・サービスレベルの維持・向上に繋げるコンセプトを策定し、柏市やまちづくり組織とも共有し協議中。

幹 自動運転バス

- ・ 柏の葉地域で最も需要のある基幹路線である「柏の葉キャンパス駅～がんセンター」を、自動運転で効率的に運行する
- ・ 休日・イベント時等は、自動運転バスの一部を柏の葉総合競技場へ運転することも検討(公園敷地内への出入り部分は、手動運転で対応)

環 環状路線バス

- ・ 柏の葉キャンパス駅発着の環状バス路線により、顕在化している地域課題である柏の葉住宅～柏の葉キャンパス駅の交通手段確保に対応
- ・ 基本的には手動運転の想定だが、自動運転バスとすることも検討



節 モビリティハブ

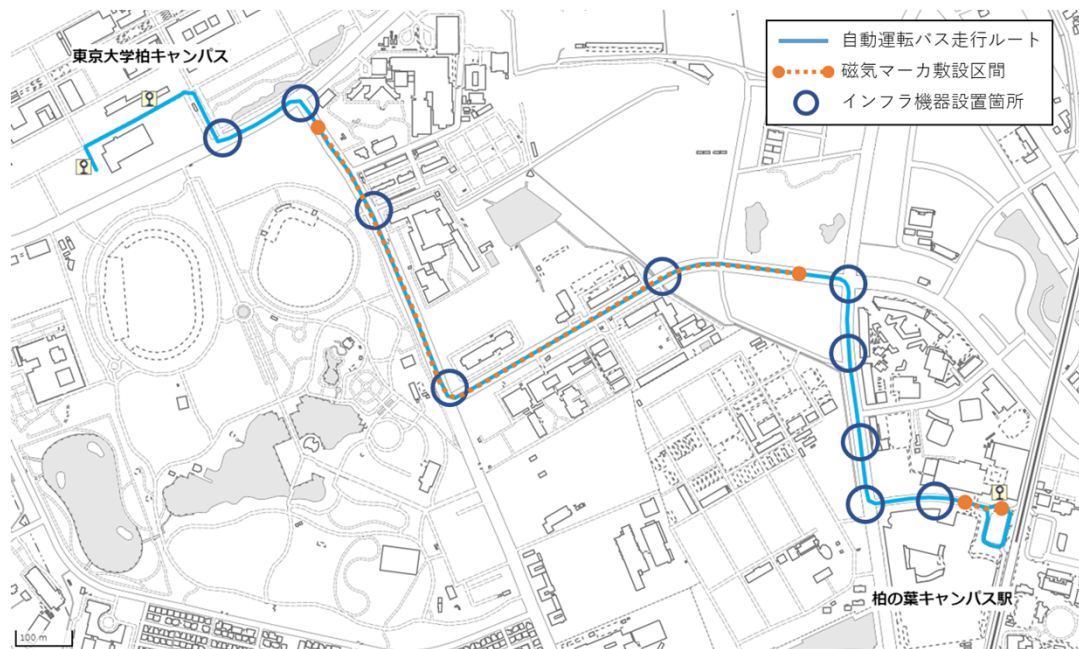
- ・ 自動運転バスと手動運転バスとの接続点にモビリティハブを設置
- ・ エリア外へのバス路線のほか、パーソナルモビリティなどが集まる結節点とする
- ・ あわせてマルシェなど、賑わいづくりに資する施設の併設も考慮
- ・ ハブの位置はがんセンターに限定せず、乗務員の待機所の設置可否等も含めて検討が必要

その他全体

- ・ ゾーン制運賃など、乗継回数によらない運賃制度を設け、回遊性向上を図る
- ・ 自動運転バスを軸とした新たなサービスについても、引き続き検討

柏の葉地区の長期営業運行実証実験

2019年11月1日より、柏の葉地区で4年以上続くハンズオフレベル2自動運転バス長期営業運行実証実験（1日の走行は25.8km） 平日は毎日3－4往復運行 東京大学教職員学生、来訪者は乗ることができる



国土地理院の地理院地図に自動運転実証実験のルートおよび関連情報を加筆

実施主体: 柏ITS推進協議会



走行実績

※2022年1月～2024年9月末時点

● 1日当たりの走行距離

- 累計22km程度. うち自動運転区間は13km程度で, 残りは原則として手動で走行する区間.

● 利用状況

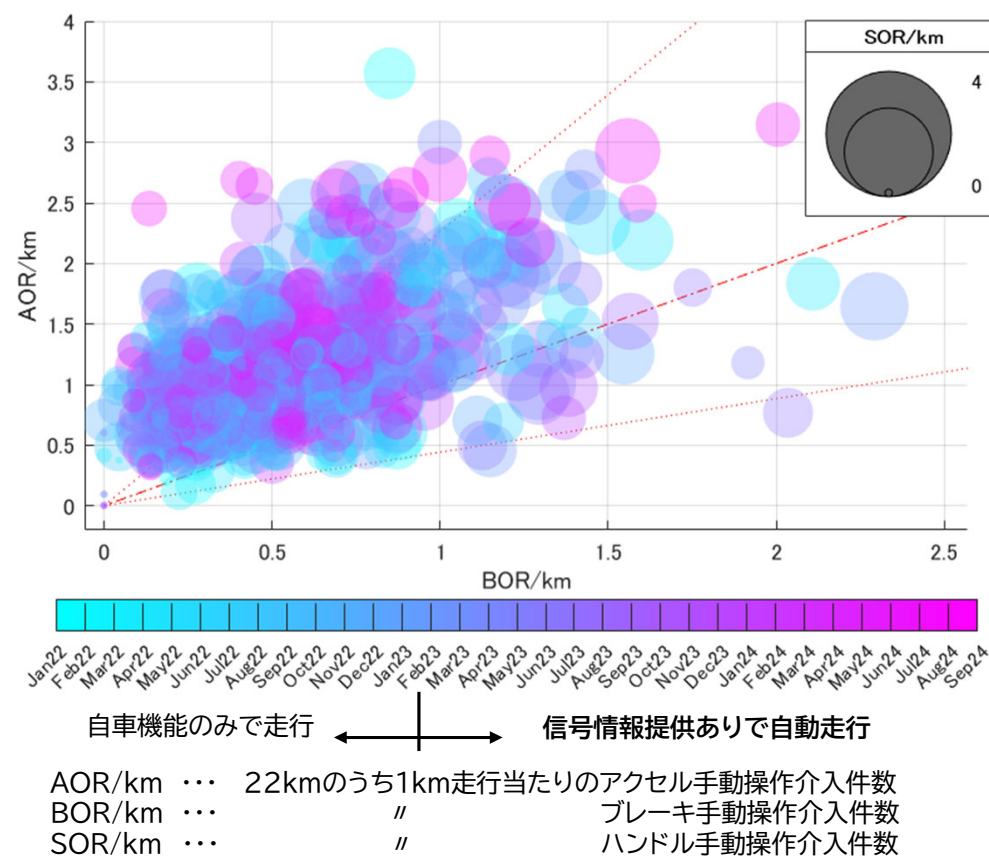
- 定員28名で運行中. 通常利用では12時台に駅から大学へ向かう便の利用が多い.
- 試乗便は市民向け試乗会などでも活用. 15名～20名程度の参加がある.

● 事故およびインシデント

- 自動走行中に自動運転車が第一当事者となった事故は生じていない.

● 運転介入状況（直近33ヶ月分）

アクセルペダルを踏むことによる運転介入が最も多い



課題(走行制御)

安全性確保

基本的な安全走行戦略を立て、タイミングチャートで動き方を定義して、自動運転車の走行方法を決める。確率で安全性を示すだけでなく、**リスクを洗い出し、それらに対する対処方法を決めておくことなどが必要。**

交通の円滑性確保

混在空間の走行では、他の道路利用者の走行の障害になることは極力避けることが求められる。**発進判断を適切に行うことが必要。**

発進判断が難しい

交差点右左折、横断歩道通過は、優先車両、歩行者、自転車などの通行を妨げないように行う必要があるが、そのためには**検知範囲をどのように決めればよいか。**路上駐車、速度超過、非優先道からの進入はどこまで想定すればよいか。



安全最優先であるが、人間と極端に異なる判断を行えば、円滑な交通を妨げ、事故を誘発したり、社会から受容されなくなる恐れがある。

自動運転の実装が期待される社会における安全の論点

- 機械は、安全な交通の実現に必要な人間の脳機能に匹敵する能力は、まだ持っていない。また、事故の責任を取る主体になれない。**不足する危険予知能力は、他の方法で補う必要がある。**
- 自動車以外の道路利用者が存在する一般道においては、**他の道路利用者の死角からの進入など、対応すべきリスクが非常に多い。**
- 発進・通過判断は、優先すべき道路利用者（優先車両、歩行者、自転車等）の進行を妨げないように行う必要があるが、**道路交通には円滑性が求められる。**
- 人間とのコミュニケーションが必要になる**譲り合いなどの判断はまだできない。**

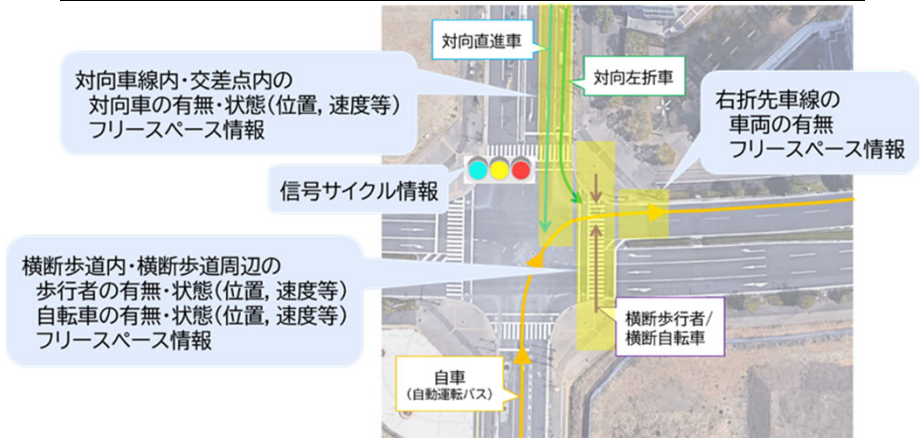


安全で円滑な道路交通の実現のためには、
道路からのリスク(死角)と
良識ある責任主体としての判断が求められる状況
の排除が求められる

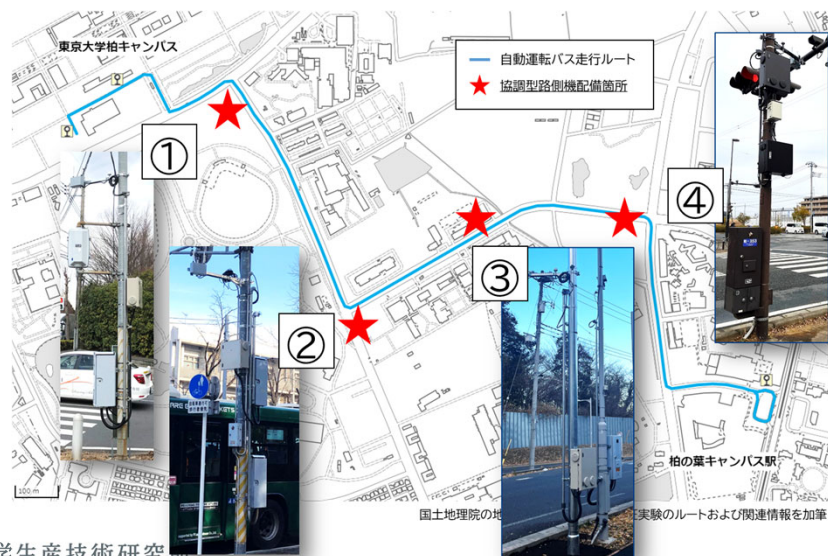
柏の葉公道への協調型路側機配置

- 自動走行車両に提供すべきインフラ情報と路側センサーの要求性能を設定し、柏の葉のユースケースに配備する協調型路側機の仕様を設計。
- インフラ協調型システムの有効性が高いと考えられる箇所を選定し、協調型路側機を公道に実配備。
- 今後、協調型路側機および路側センサーの評価指標を設定し、路側センサーの検出性能および協調型路側機が自動走行に及ぼす影響について評価する。

柏の葉のユースケースにおいて車両へ提供すべき情報



協調型路側機の配備箇所と外観

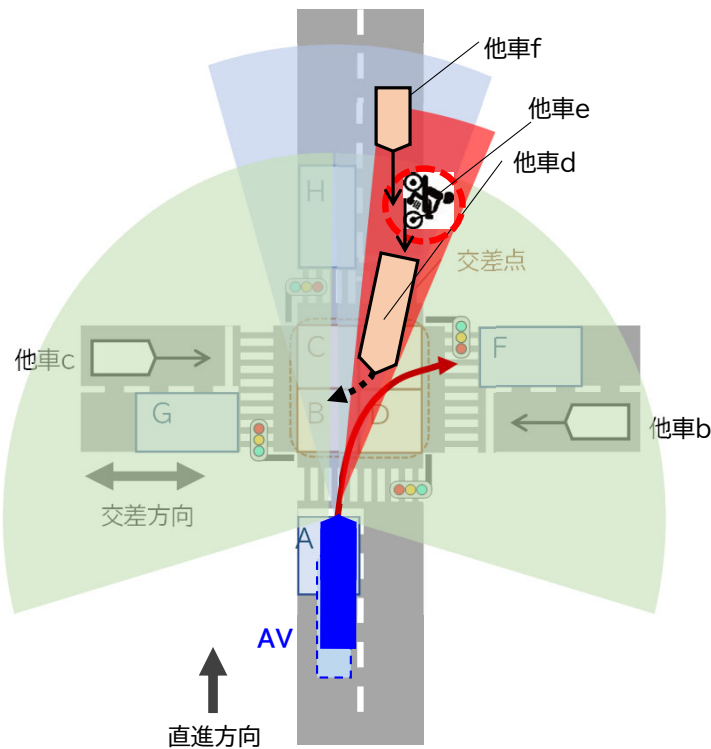


路側センサー要求性能設定事例(若柴交差点)



インフラ協調に期待される機能

- 混走空間での走行戦略を検討する際、死角に入る交通参加者が存在し、自律センサーでの検出には限界が生じる場合、路側に設置したインフラセンサーの情報を車両に送る事により、運行の円滑性向上の効果が期待できる。



● 自律システムでの走行戦略

1. 交差点中心で一時停止する
2. 対向右折待ち車両がいなくなり、**死角がなくなってから**走行する対向車・二輪車がないことを確認、および**歩道から横断歩道に進入する自転車・歩行者を確認**しつつ、横断歩道手前まで前進し一時停止する。
3. 歩道から横断歩道に進入する自転車・歩行者がない事を確認
4. 徐行して横断歩道を通過

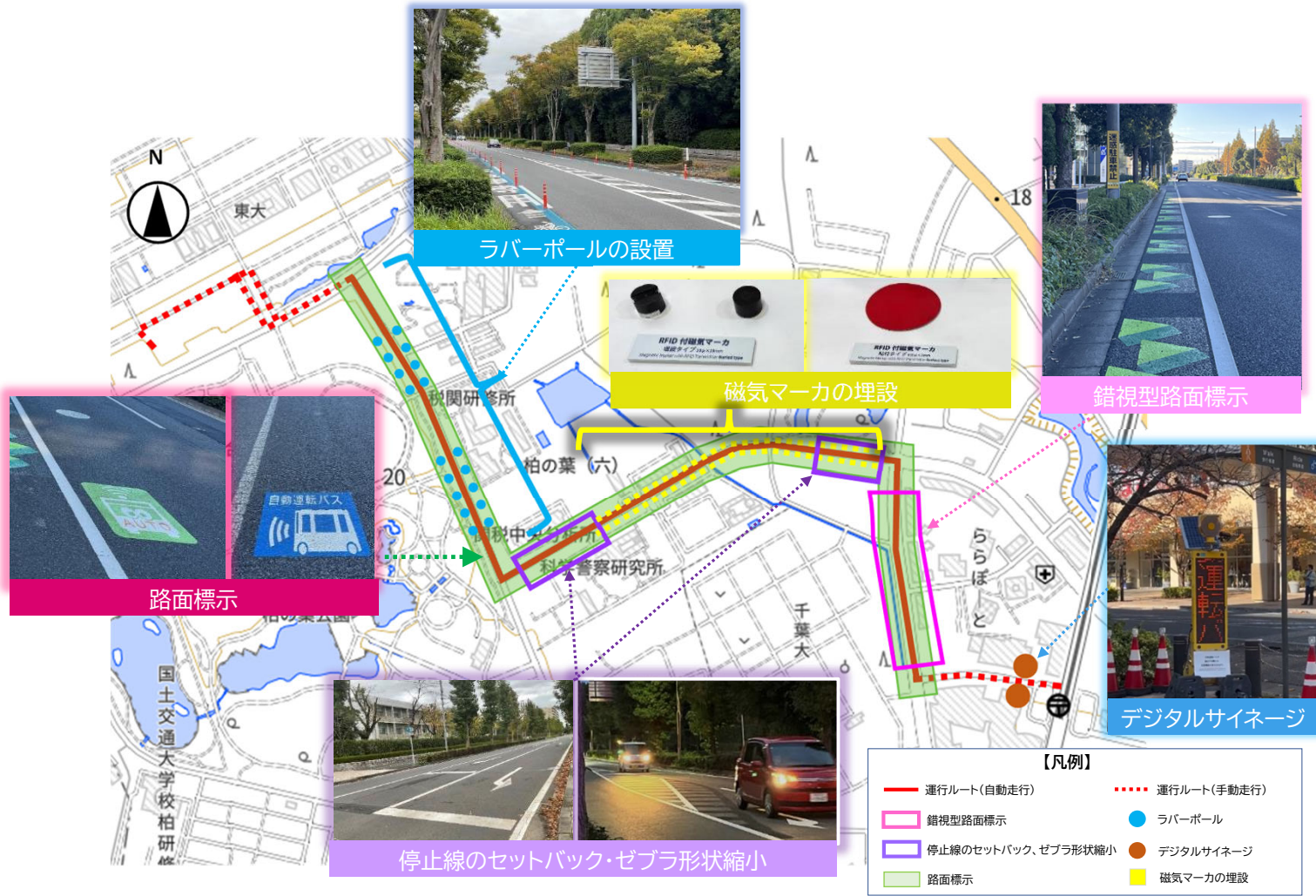
● インフラ情報を活用した走行戦略

1. 交差点中心で一時停止する
2. インフラから走行する対向直進車・**二輪車がないこと**、および**歩道から横断歩道に進入する自転車・歩行者がないこと**を受信確認する。
3. 徐行して横断歩道を通過

● インフラ情報活用の想定効果

- **対向右折待ち車両有無**にかかわらない**円滑な右折の実現**
- **横断歩道手前での一時停止回避**による**円滑な右折の実現**

柏の葉自動運転バス走行空間実証実験



課題(インフラ協調)

路側センサー情報

インフラ情報は発進判断に有効だが、レベル4の自動運転に必要な情報は**フリースペース情報、つまり障害物がないという情報である。この情報の正確性を誰が保証し、誰が金銭的成本を負担するのか。**これが解決されないと、インフラ情報が間違っているにもかかわらず事故が起きないように自動運転を行わなければならないが、その時のインフラ協調のメリットはあるのか。

交通信号情報

警察庁は、無線通信による信号情報の配信を認めているが、補完情報という扱いであり、**信号灯色を車両側で確認する必要がある。**結局、信頼性の高い画像認識技術が必要で、信号協調の利用は青信号の残り秒数などの先読み情報の取得に限られる。信号情報配信を行うメリットも限られる。

道路構造

死角や、路上駐車などのリスクを高める要素を減らせば、インフラ協調システムの設置件数も減らすことができる。道路構造の整備など、旧来技術での対応も効果的である。

 インフラ協調のメリットを生かすためには、信頼性のある交通のデジタルインフラの整備と、デジタル技術を生かすためのシステムと制度を構築する必要がある。

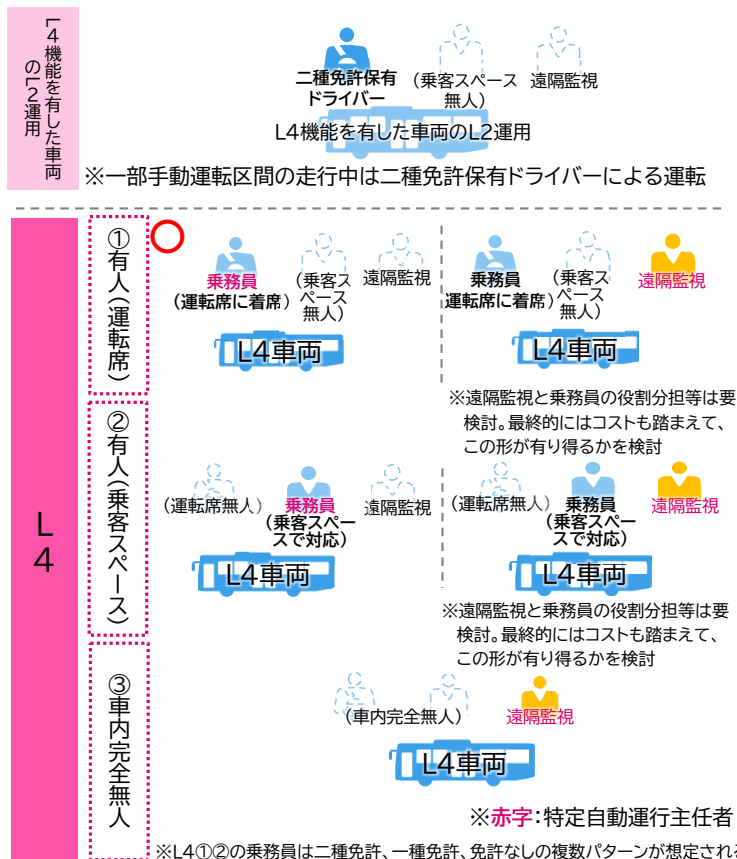
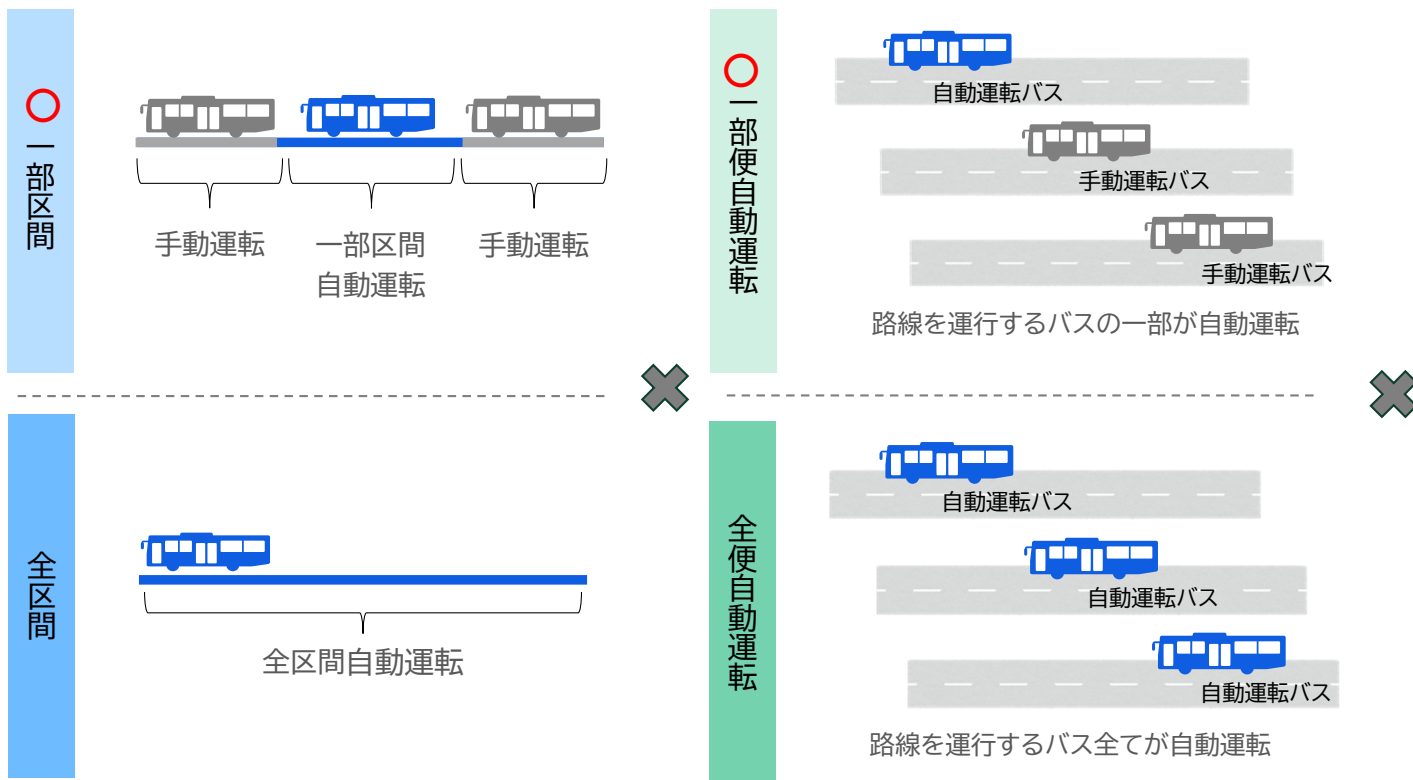
レベル4自動運転サービスの運行パターン案

高価は車両への投資が必要であり、運転タスク以外の運転士の業務の方が無人化が困難であるため、収益性のある一般道(混在空間)での無人サービスは、自動運転技術のみで実現できるわけではない

自動運転運行区間
(全区間／一部区間)

自動運転運行便
(全便／一部便)

自動運転(L2/L4)
乗務員配置形態(運転席/乗客スペース/無人)



課題(事業性)

単純なコストの削減はならない

レベル4走行が可能な車両は開発品であり、非常に高価なものになる。協調型であれば、路側器の設置コストに加え、管理・運営コストもかかる。

運転士不足への対応

運転士(大型2種免許取得者)不足による減便は、既に都内の基幹路線で行われている。運転士不足という不確実性への対応には効果的。

無人運転の実現はハードルが高い

自動運転は運転業務のみを自動化する。運転士の業務は、運転だけではない。事故時の対応、バリアフリー対応など、運転以外の業務の方が、無人化は難しい。混在空間では、有人(乗務員搭乗)のレベル4から始まると思われる。無人サービス化には否定的な意見もある。

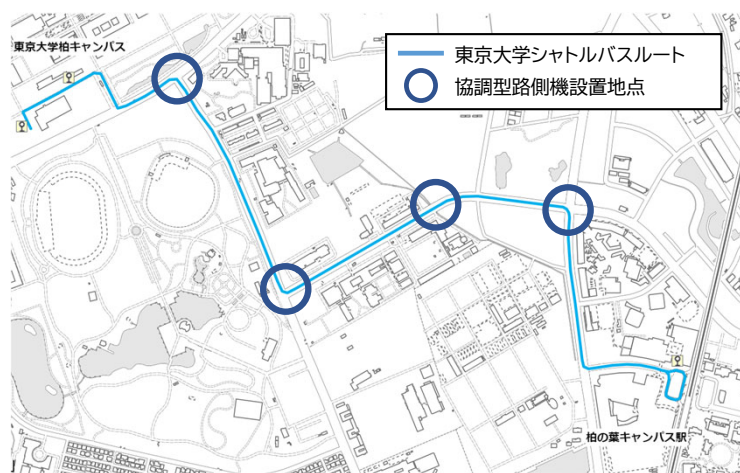


自動運転の実装は進みつつあるが、先行している米中も含めて、事業的に持続可能といえるサービスには至っていない。
レベル4の技術を手段と捉え、それを公共交通事業者が抱える喫緊の課題解決にどのように活用するのかを考える必要がある。

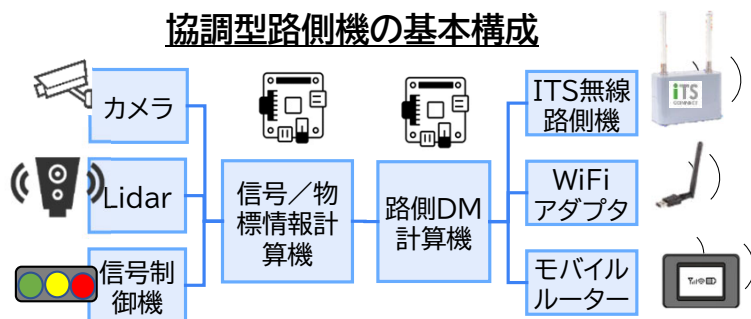
協調型自動運転移動サービス実現のためのシステム構成

- 自動車の機能はソフトウェアが担う割合が増え、通信技術の活用も想定される。
- 道路交通を担う技術分野は拡大しており、新技術への対応が急務である。

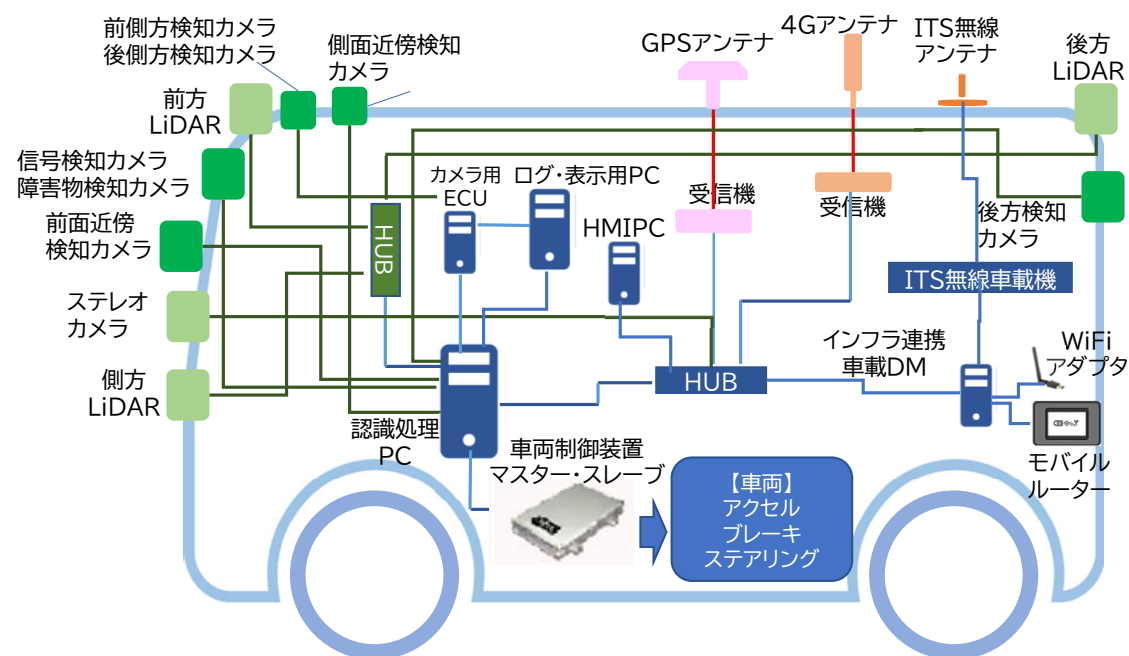
協調型路側機の設置箇所



協調型路側機の基本構成



協調型自動走行車両の基本構成



欧米での自動運転システムの開発・導入状況の分析

- 海外では、ロボタクシーの導入が民間サイドで盛んに行われてはいるが、行政サイドとしては自動運転に係る技術を、脱乗用車依存、交通弱者対策等にむけて活用する方向で議論が行われている
 - 米国で収益性が期待できるのはロボタクシー。政府資源の投入は少ないが、移動の公平性、交通弱者(VRU)の安全性向上に向けたV2Xの展開が進む
 - 欧州はロボタクシーの導入は顕著ではない。脱乗用車依存のためのモビリティサービス開発が行われている。欧州委員会の資源投入が大きい
- 無人運転だけを目的にするのではなく、その技術を、安全性向上、運転士不足への対応、運転士の負荷軽減等にも対応させることが考えられている
 - 協調型システム(V2X)技術は、自動運転よりも、交通安全に資するものとして開発されている。
 - 遠隔マネジメント(総称として仮で使用される用語)は必須であるというのが世界的認識。
 - 技術開発に加えて、マネジメントに新たに参画する人の定義と許容される操作、免許などの制度、法律の整備が必要
 - 国際調和が必要な案件で、今後の国際連携活動も重要になる見込み

所感

- 技術的にも、ELSI(倫理的、法的、社会的)の観点からも、自動運転技術は、良識ある責任主体となる人間を置換するものには、至っていない。自動運転実装時代の観点からの安全対策、インフラ整備が求められている。
- 高齢者も運転する必要がある状況においては、人間に頼る安全向上には限界がある。手動運転、運転支援としても対策、整備は必要。
- ソフトウェア主導の車両開発(SDVなど)が進む中で、道路交通においてもデジタル技術の導入も急速に進む。センサ・電子機器よりも更新のサイクルが長いインフラは、より未来を見越した整備が、より求められる。