

# RoAD to the L4 成果報告会

テーマ4:混在空間でインフラ協調を活用したレベル4自動運転サービスの実現に向けた取り組み

CooL4 (Cooperated Level 4 automated mobility service)

---



幹事機関 国立大学法人東京大学  
国立大学法人東海国立大学機構(名古屋大学)  
国立研究開発法人産業技術総合研究所  
株式会社三菱総合研究所  
一般財団法人日本自動車研究所  
先進モビリティ株式会社

2025年2月27日

# テーマ4の目標

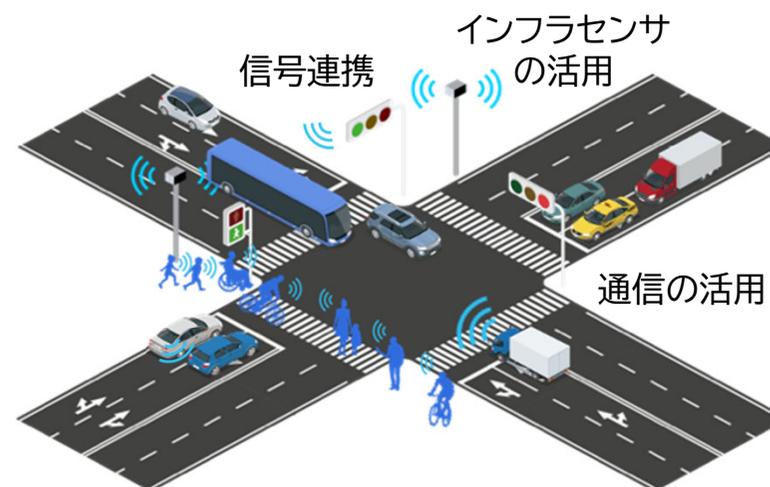
- 2025年頃までに、柏市柏の葉地域において、**混在空間で協調型レベル4自動運転**を実現
- **他地域の混在空間に展開可能な協調型システム**の基本的な目標・要件を作る。

## ■ 取り組み方針

- 地域の特性別のユースケースを整理した上で、地域の特性に応じた協調型システムの導入を促進する。
- レベル4自動運転サービスだけでなく、運転・運行支援や他のサービスでの活用も視野に入れて、事業モデルやデータ連携スキームを検討する。
- 国内外での開発・導入状況を踏まえつつ、規格化・標準化の準備を進め、業界、国際的な協調が取れた形での開発・導入を促進する。

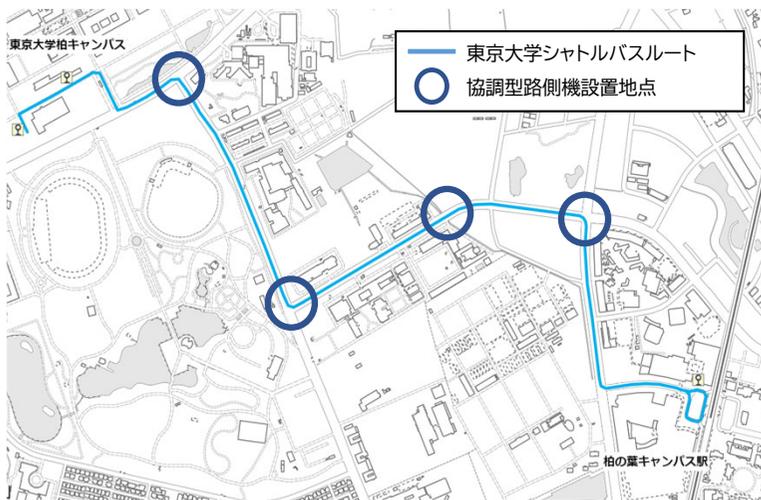
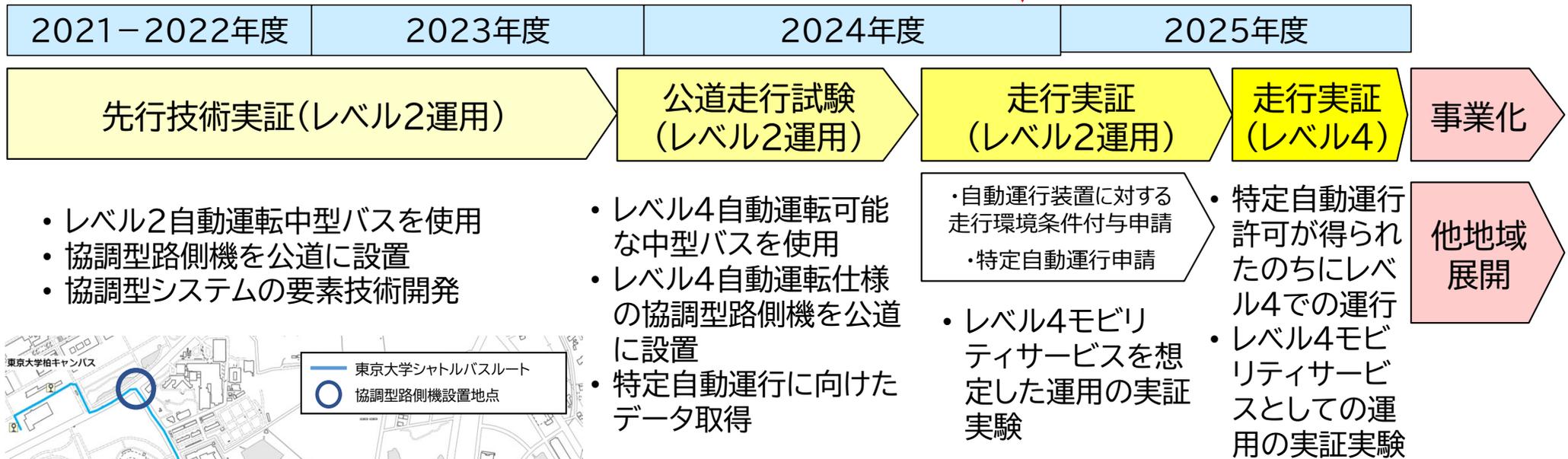
## ■ 協調型システムとは

- インフラから通信で情報を得るなど、車載センサー以外の情報を用いて自動運転を行うシステムを指す。テーマ4では、歩行者なども存在する混在空間で自動運転を実現するために必要なシステムを検討している。



全ての道路利用者をつなげる

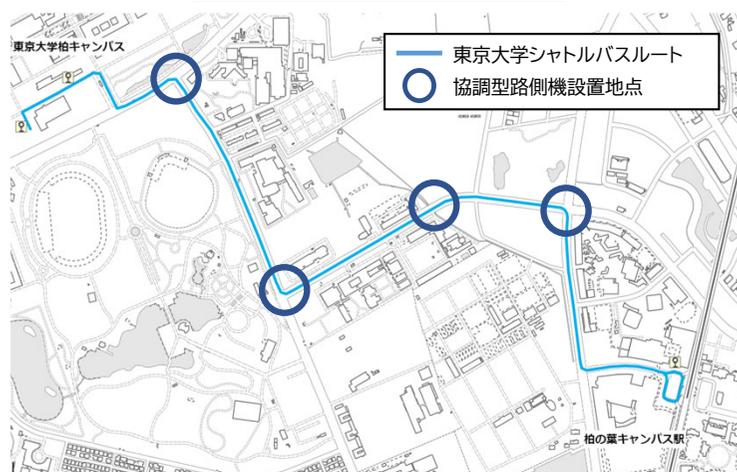
# レベル4に向けたスケジュール



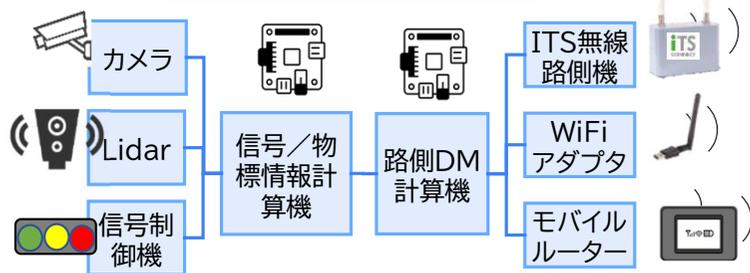
# 協調型自動運転システム全体設計

- 柏市柏の葉地域において、混在空間で協調型レベル4自動運転を実現するためのシステム全体構成

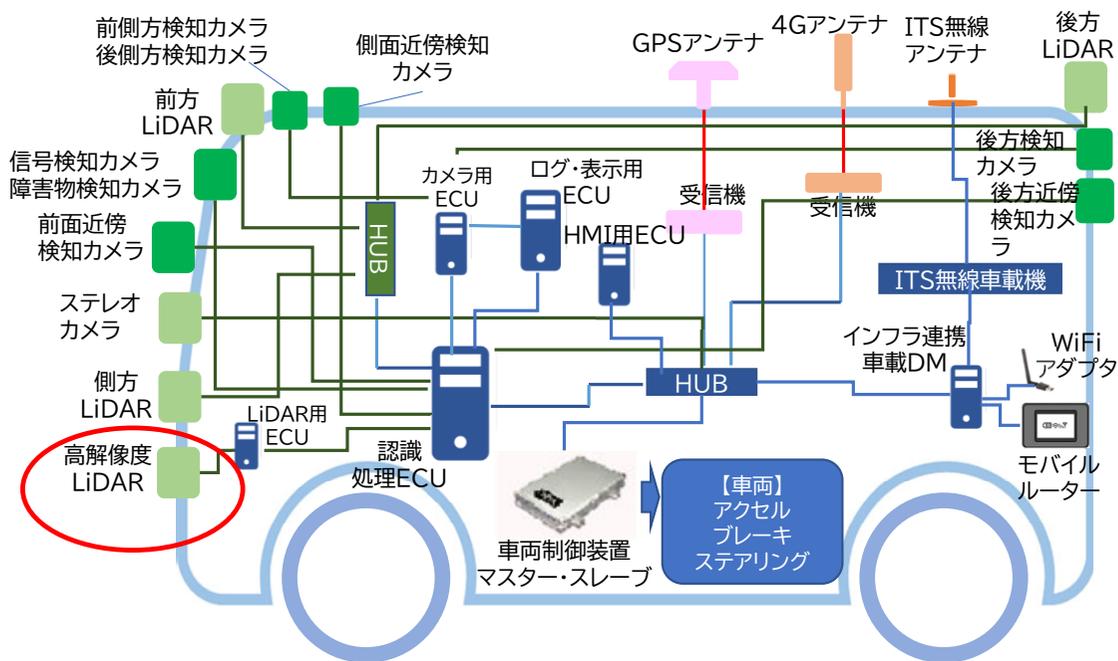
協調型路側機の設置箇所



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

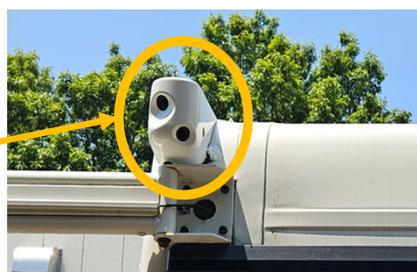


# 協調型自動走行車両

- 柏の葉の対象ルートである混在交通下におけるレベル4自動運転方法を策定し、必要となるセンシング機能を定義
- 上記センシング機能の実現のために、車載センサー及び認識アルゴリズムをアップデート
- 交差点通過における後側方の歩行者・自転車認識や、小物体・横臥者認識、バス停発進時の後方接近車両認識などを強化



Cool4自動走行車両

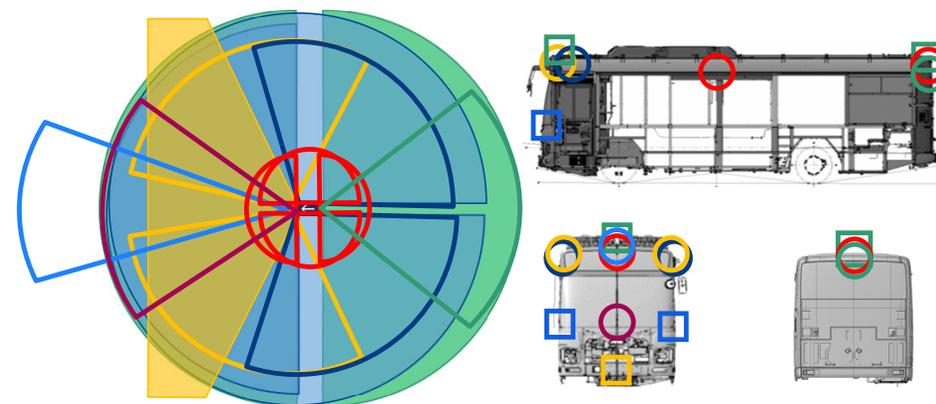


前後側方中距離カメラ



高解像度LiDAR  
(小物体・横臥者検知)

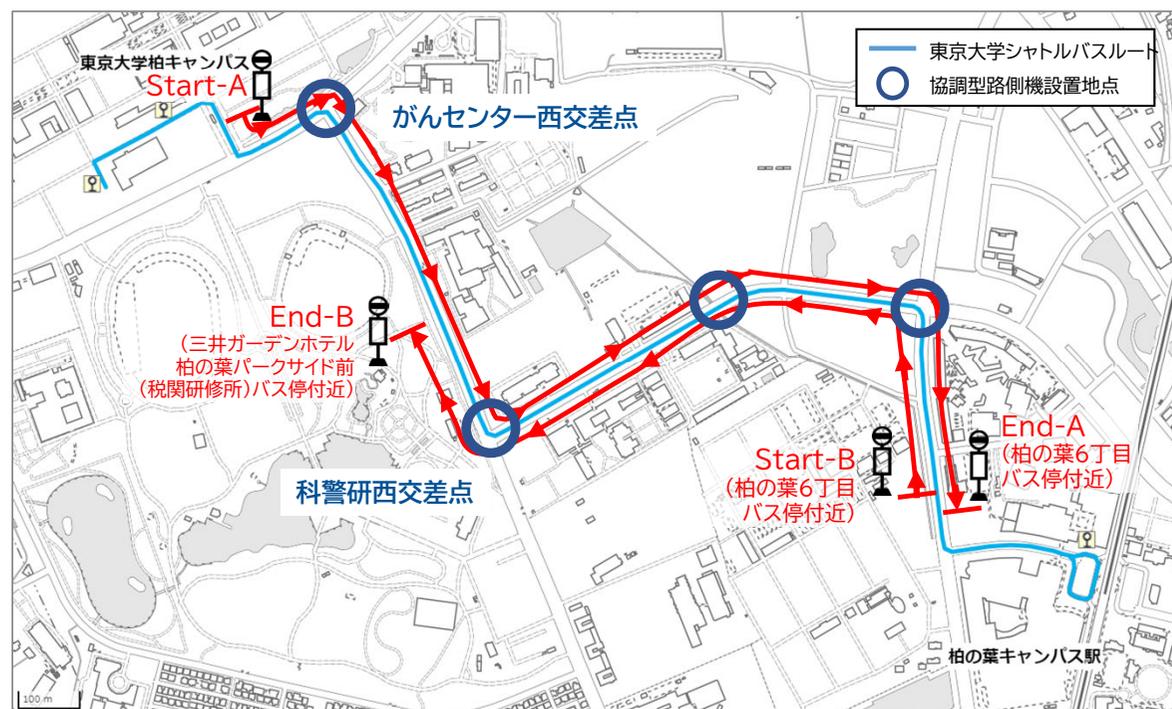
## 認識システム構成(カメラ/LiDAR)



カメラ:前方遠距離×1○、周囲中距離×4○○、周囲近距離×4○  
 後方中距離×1○、ステレオカメラ×1○  
 LiDAR:前後中距離×2□、左右中距離×2□、高解像度低層×1□

# 23-24年度公道走行試験の概要

目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>柏の葉市街路におけるレベル4協調型自動運転移動サービスの技術検証(レベル2運用)</li> </ul>
実施期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>〔試験期間〕 2024年2月～2025年3月末 (実施月:2月、7月、9月、11-1月、2-3月(予定))</li> </ul>
実験走行経路	<ul style="list-style-type: none"> <li>東京大学柏キャンパスシャトルバスルート上の一部区間</li> <li>A:東大柏キャンパス内～柏の葉6丁目バス停付近</li> <li>B:柏の葉6丁目バス停～三井ガーデンホテル柏の葉パークサイド前(税関研修所)バス停付近</li> </ul>
走行車両	<ul style="list-style-type: none"> <li>中型バス(いすゞエルガミオ)の改造車両(レベル4認可取得を想定した車両制御/認識性能を有する)</li> <li>運転席乗務員有りのレベル2運行</li> <li>白ナンバー(一般営業の運行ではない)</li> </ul>
路側機の運用	<ul style="list-style-type: none"> <li>期間中の車両走行時間帯には、協調型路側機の無線通信を行う。(携帯網、760MHz帯無線、WiFi)</li> </ul>
運行方法など	<ul style="list-style-type: none"> <li>走行環境条件違いによる技術検証を実施するため、走行時間帯と頻度を計画</li> <li>客席乗車は関係者のみとし、一般客の運送は実施しない</li> </ul>
評価項目	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動運転車両認識性能の検証</li> <li>協調型路側機の認識性能/通信性能の検証</li> <li>信号交差点右左折、無信号交差点直進通過時の自動走行戦略の安全性/円滑性の評価</li> <li>インフラ情報活用の効果検討 など</li> </ul>



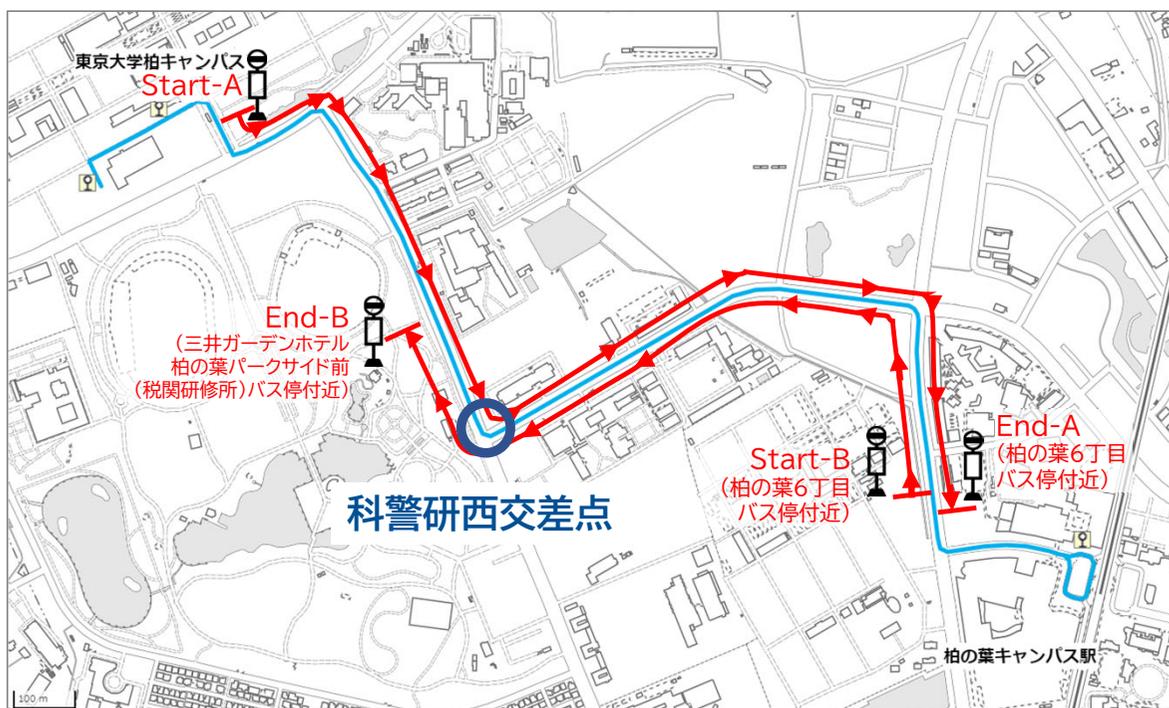
# 柏の葉混走空間におけるインフラ情報活用方針

- 狙い: 車載センサのみでは取得不可能な情報を路側インフラから受信し活用することにより、交通流の円滑性向上を狙う。
- 前提: バスは車内乗客安全の観点から急減速・急加速を避けることに加え、ジレンマゾーン回避や死角からの飛出し想定のために、より慎重な走行戦略が求められる。そのため、円滑性が損なわれる。
- 効果: インフラ情報活用により、状況に応じた減速・停止や発進・加速の制御を行うことで、次の効果を見込む。
  - ✓ 信号情報: 信号灯色の残時間 ➡ 信号灯色の変化を先読みした交差点進入判断による円滑な交差点走行(効果A)
  - ✓ 物標情報: 車載センサの死角に存在する物標の情報 ➡ 死角に物標が存在しない場合の通過時間の短縮(効果B、C)

ユースケース例		車載センサのみの走行での課題	活用するインフラ情報	インフラ情報活用の効果
信号交差点	信号交差点への進入・通過	・ジレンマゾーンでの急加減速による車内事故のリスク ・信号灯色変更(青→黄)に備えた停止線手前からの減速による後続車両への悪影響	信号情報 (青灯色の残時間)	自律カメラの認識結果に加え、事前の信号停止/通過の判断が可能となり、円滑な交差点走行が期待できる(効果A)。
	交差点右折 (対向右折車、対向渋滞車両などによる対向直進車の死角が存在する場合)	当該車両による死角が解消されるまで発進が困難(交差点通過に時間を要する)	当該死角に存在する対向車の接近情報	既定範囲内に物標が存在しない場合には、交差点中央で停滞せずに発進でき、交差点通過時間の短縮が可能(効果B)
	右左折先の横断歩道通過 (植栽などによる歩道上の歩行者・自転車の死角が存在する場合)	死角からの急な飛び出しを想定し、停止可能な極低速での走行が求められる。(横断歩道通過に時間を要する)	当該死角に存在し、横断歩道に進入可能性のある歩行者・自転車情報	既定範囲内に物標が存在しない場合には、横断歩道の通過時間の短縮が可能(効果C)
無信号交差点	優先道の通過 (構造物などにより非優先側の道路に死角が存在する場合)	非優先道路の死角からの急な飛び出し、急制動が必要になり車内事故のリスクが増大	非優先道からの接近車両情報	非優先道交差点の適正な通過速度制御が可能

# インフラからの信号情報活用事例

- 目的: 信号交差点接近時の青色残秒数活用による黄信号への切り替わり時における急減速回避
- 走行方法:
  1. 自律カメラの認識結果に加え、インフラからの信号灯火残秒数(青→黄)情報から、交差点進入時の信号灯色を推定
  2. 推定信号色が青の場合はそのまま交差点に進入 黄または赤となる場合は停止線手前で停止

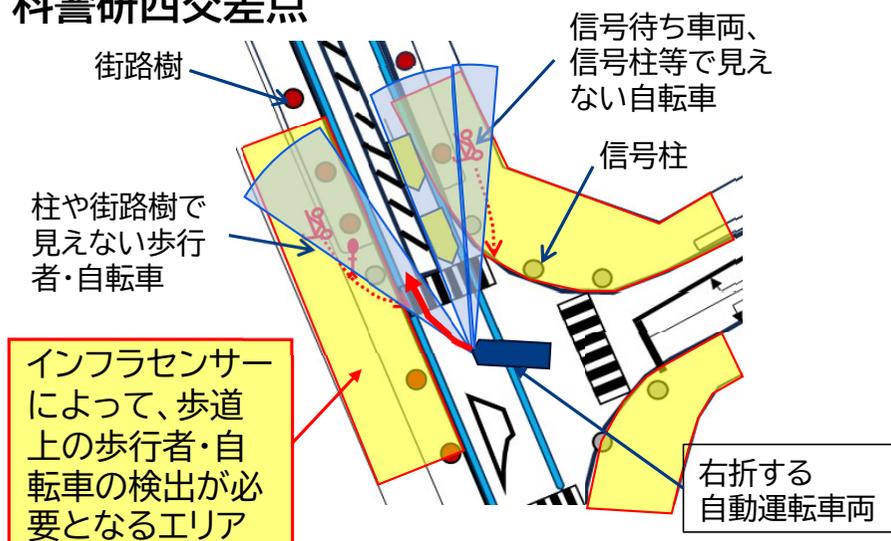


<前提条件>  
 中・大型バスは乗員がシートベルトをしていないなどの違いから乗用車より①大きな減速度を出せない②旋回時の横加速度も小さくするため乗用車より低速で交差点を通過する必要がある。

# インフラからの物標情報活用事例

- 植栽や柱等による歩道上の死角に存在し、**横断歩道進入可能性のある歩行者・自転車情報**を活用
- 植栽やポール等によって生じる死角の解消を目的に、複数のLiDAR/カメラを配備

## 科警研西交差点



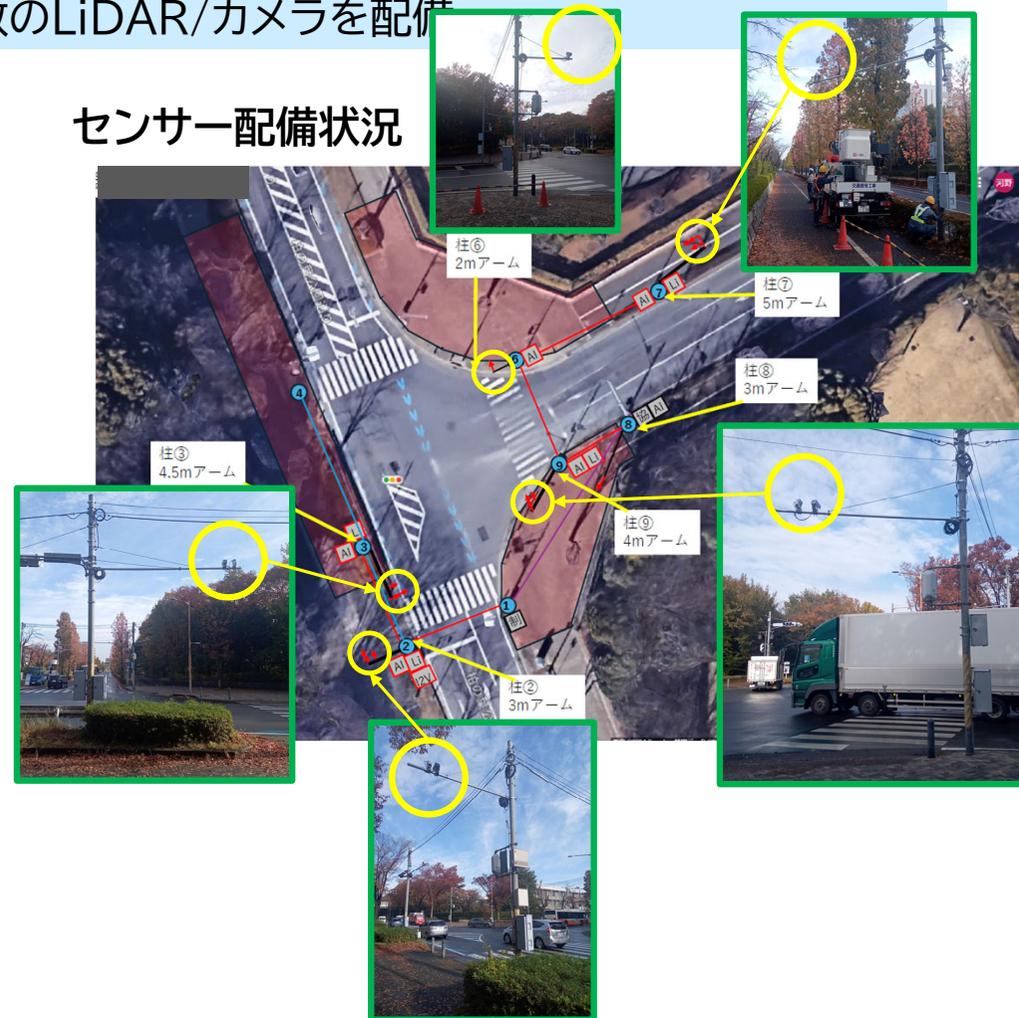
### 【自律のみの走行での課題】

- 信号待ち車両や、街路樹などの陰で見えない死角の歩行者・自転車が飛び出してきたとしても停止できる速度で走行。交通流に影響あり

### 【インフラ情報活用の効果】

- 死角に歩行者・自転車がいないと判断された場合は、交差点通過時間を短縮することに繋がり、円滑な走行が可能となる。

## センサー配備状況



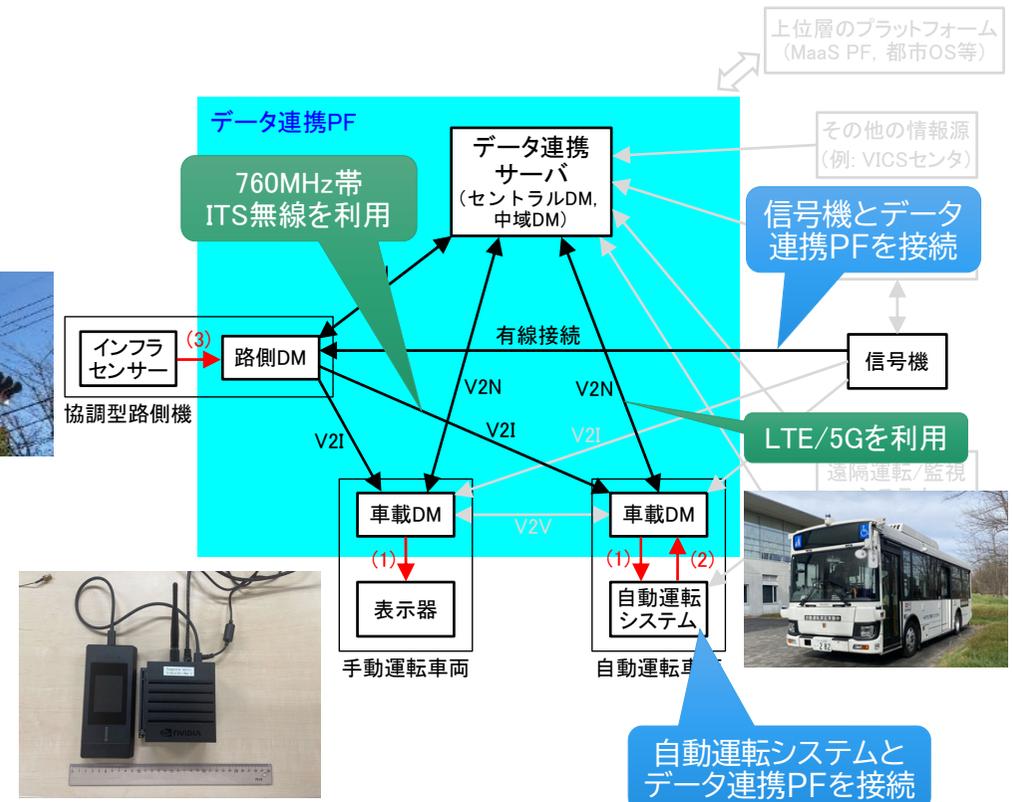
# データ連携プラットフォームの開発と実装

## ■ データ連携PFの開発状況

- 協調型自動運転に必要な機能を開発済み。
- 性能評価を実施。現時点では満足できる性能を達成
  - LTE/5G通信によるクラウド経由と、760MHz帯ITS無線線による直接通信の性能差は、想像していたより小さい。

## ■ 現在の取り組み（主なもの）

- **データフュージョン機能のアルゴリズム検討・実装・評価**
  - シミュレーションおよび柏の葉公道での評価
  - データの信頼性を加味したアルゴリズムの検討など
- **データ連携PFの安全分析**
- **データ連携PFの性能・信頼性・運用性向上**
  - 複数地点に設置された路側機の管理を集中化・効率化するための運用ツールの充実化など
- **通信方式の改善に向けた検討と開発**
  - 複数通信方式の併用方式の評価と改善など
- **セキュリティ・プライバシー確保方法の検討と開発**
  - **セキュリティ・プライバシー確保機構**のデータ連携PFへの組み込みなど
- **インフラセンサーの評価**



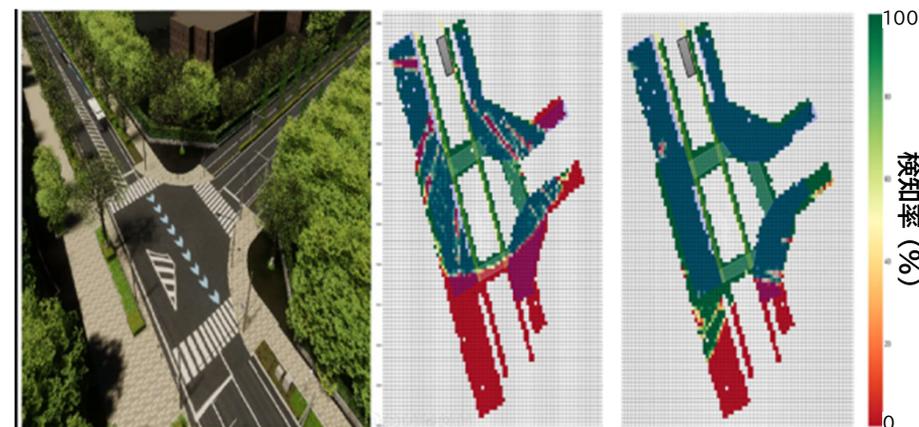
# 協調型システム評価環境

- 協調型自動走行システムの開発において、導入前にシステムを最適化するため、3D物理シミュレーションを用いた協調型自動走行システムの評価プラットフォームを構築中
- 今年度は、科警研西交差点へのセンサー配置案の評価へ適用し、様々な交通シナリオにおける検知率から配置案の課題を抽出。又、がん研交差点では、時差式交差点の右折シーンにおけるインフラ情報(信号)を活用した円滑な発進を確認



## 仮想空間を活用した協調型システム評価PFの構成イメージ

### 路側センサー配置案の評価への適用例



科警研西交差点の左折シーン 自律センサーのみ 自律センサー + インフラセンサー  
科警研西交差点の左折シーンにおける歩道上の歩行者・自転車の検知率 (LiDAR×4、カメラ×4配置、車道に交通無し)

### インフラ情報を活用した右折時の円滑性評価例



- ガン研交差点の右折シーン
- 対向車が交差点に進入して来ないことを車載センサーで確認
- インフラ信号情報を参照して対向車線の信号が赤になった事を認識
- 円滑な発進判断



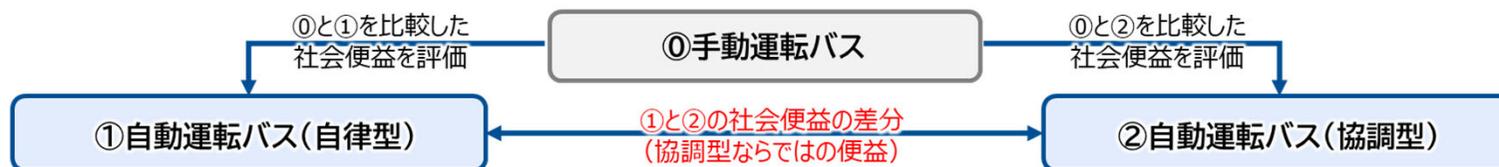
# 自動運転バスの社会便益

- 自動運転バスを導入する場合に生じる効果フローを整理し、効果が明確な一部の項目について、評価方法等を検討
- 現状の自動運転バスの開発フェーズは、コストが多く発生する技術育成期であることから、まずは自動運転バス(自律型・協調型それぞれ)がもたらす便益に着目し、便益項目の洗い出しと定性評価の検討を実施
- 以下のような評価プロセスを想定
  1. 自律型自動運転バスと協調型自動運転バスの便益を、それぞれ手動運転バスの便益と比較評価
  2. 自律型と協調型の差分は、協調型ならではの便益として評価

## 社会便益項目案

利用者視点		(両者の視点)		供給者視点				
1	定時性	● 目的地までどれだけ予定通りの時刻に着けるか	4	交通事故抑止	● 歩行者や自動車との衝突をいかに防げるか	7	人員リソース	● 運行に係る人員(技能)がどれだけ必要か
2	安心感 (社会受容性)	● 自動運転に対して抵抗感なく乗車できるか	5	渋滞緩和	● いかに道路の渋滞解消に貢献できるか	8	輸送量 (キャパ×本数)	● 1日あたりどれだけの人員を輸送できるか
3	運行エリア	● どれだけ幅広いエリアで運行されているか	6	円滑性	● 周囲の環境と以下に調和して走行できるか	9	データ利活用	● 取得したデータを各種課題解決に活用可能か
	...	● .....		...	● .....		...	● .....

## 評価プロセス案



【外部環境の前提条件】「現状」の混在空間(自動運転車がほぼ走っていない状態)を想定

# 国際連携～欧米での協調型システムの開発・導入状況の分析



- 国際会議等を通じ、海外動向調査と情報発信
- 欧州委員会傘下の事業「ULTIMO」との連携
- VISON(三重県多気町)、岐阜市、名古屋市に海外の専門家を招いて、成果のデモとディスカッション

## 〈2024年度実績例:ブレイクアウトワークショップ@名古屋〉

- VISON(三重県多気町)、岐阜市の協力により自動運転バスの試乗を行い、名古屋市にて専門家間のワークショップ実施
- 公共モビリティサービスに焦点をあて、Level 4協調型モビリティサービス実用化に向けた技術、法律、社会課題を議論
- 自動運転車の役割は、費用対効果を高め、提供するサービスの改善を行うことが重要
- 継続的な課題の共有と解決に向けた国際連携の必要性を確認した。



# 25年度レベル4自動運行の計画

- 「科警研西交差点」を含むL字区間(下図赤線)のレベル4運行の実現に取り組む。
- 他のルートはレベル2運行を行うが、技術開発を継続しレベル4運行区間の拡大を目指す。
- レベル2でスタートし途中でレベル4に切替える運行方法とする。(駅前ロータリー～柏の葉6丁目バス停は手動運行)
- 科警研西交差点で、自律での信号認識に加えて信号情報(青灯色残時間)を活用する。他の協調型システム(物標情報)はレベル4運行には用いず、性能の測定を行い、将来の活用可能性を検討する。

