

# RoAD to the L4

## 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

2024年2月28日

# テーマ4の目標

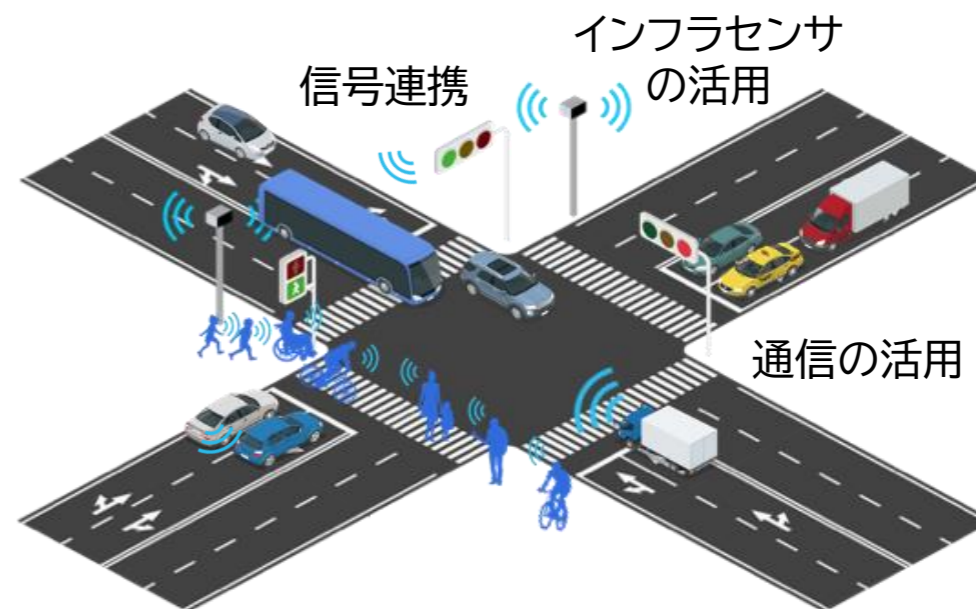
- 2025年頃までに、柏市柏の葉地域において、**混在空間で協調型レベル4自動運転**を実現。
- **他地域の混在空間に展開可能な協調型システム**の基本的な目標・要件を作る。

## ■ 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

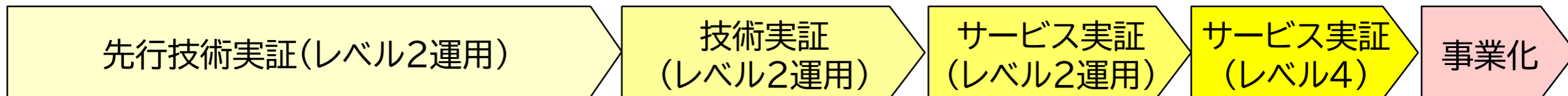
- インフラから通信で情報を得るなど、車載センサー以外の情報を用いて自動運転を行うシステムを指す。テーマ4では、歩行者なども存在する混在空間で自動運転を実現するために必要なシステムを検討している。



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

2021-2022年度	2023年度	2024年度	2025年度
-------------	--------	--------	--------



- レベル2自動運転中型バスを使用
- 協調型路側機を公道に設置
- 協調型システムの要素技術開発

技術実証  
(レベル2運用)

- レベル4自動運転可能な中型バスを使用
- レベル4自動運転仕様の協調型路側機を公道に設置
- 特定自動運行に向けたデータ取得

サービス実証  
(レベル2運用)

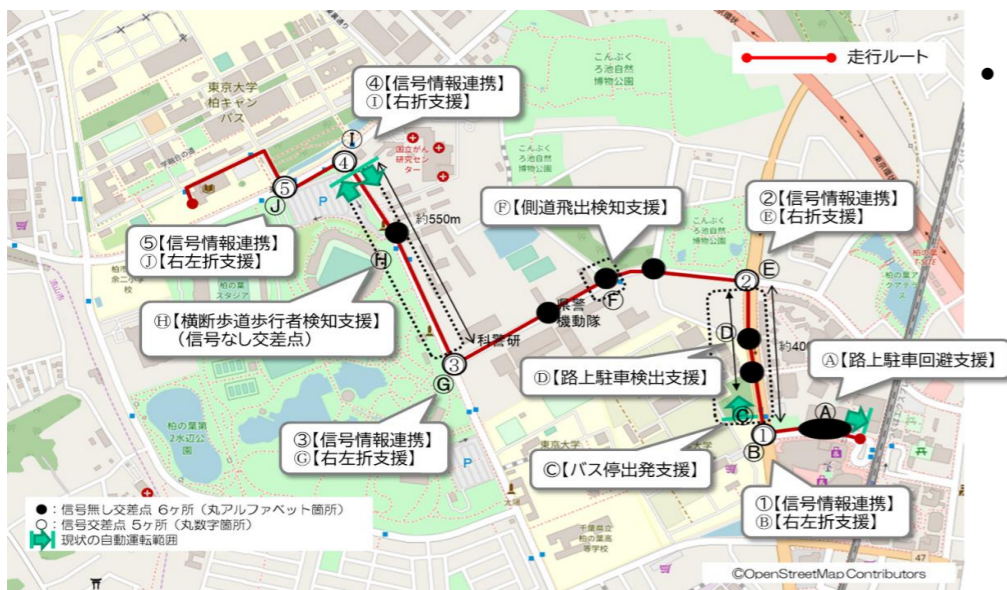
- 自動運行装置に対する走行環境条件付与申請
- 特定自動運行申請
- レベル4モビリティサービスを想定した運用の実証実験

サービス実証  
(レベル4)

- 特定自動運行許可が得られたのちにレベル4での運行
- レベル4モビリティサービスとしての運用の実証実験

事業化

他地域  
展開



# 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

# レベル4自動運転サービスの運行パターン案

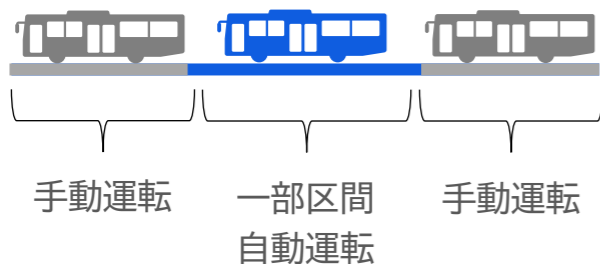
- レベル4でのサービス実証は以下の運行パターンの組み合わせのいずれか。
- 25年度は、○:「一部区間」×「一部便自動運転」×「有人(運転席)レベル4」の組み合わせが有力。

自動運転運行区間  
(全区間／一部区間)

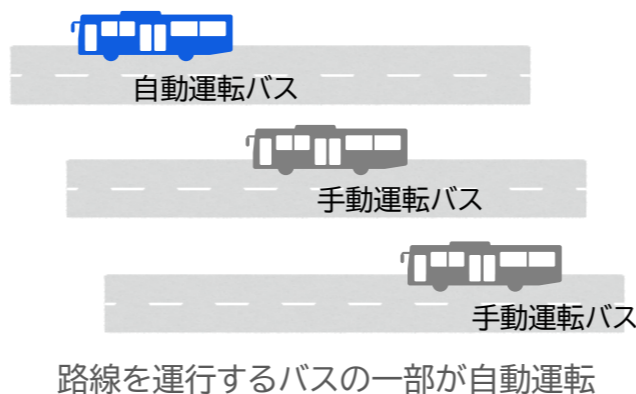
自動運転運行便  
(全便／一部便)

自動運転(L2/L4)  
乗務員配置形態(運転席/乗客スペース/無人)

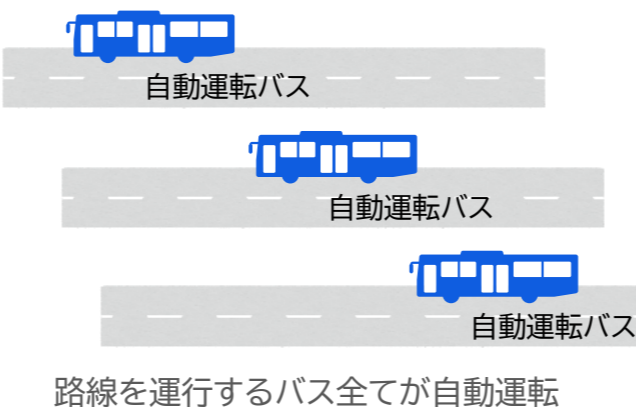
○  
一部区間



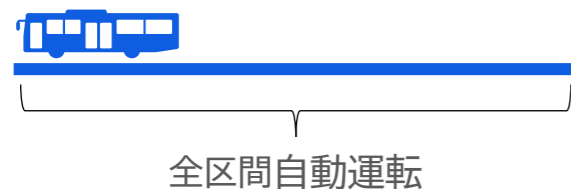
○  
一部便自動運転



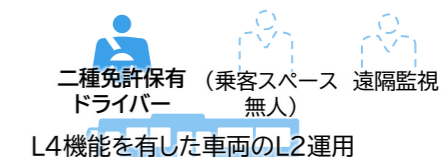
全便自動運転



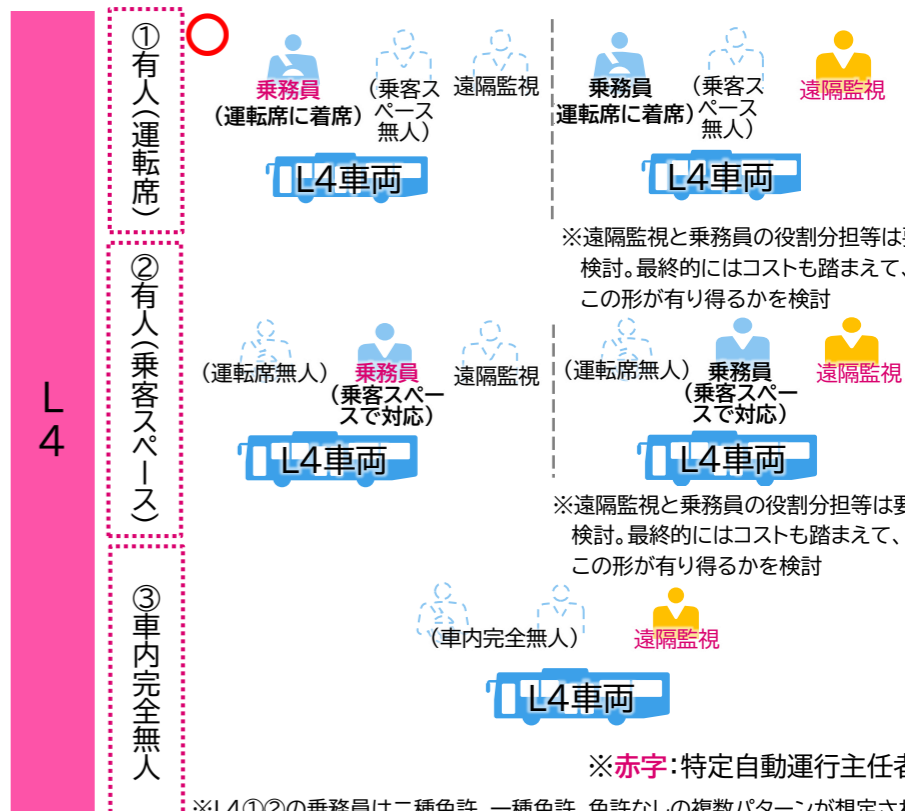
全区間



「L4機能を有した車両のL2運用」



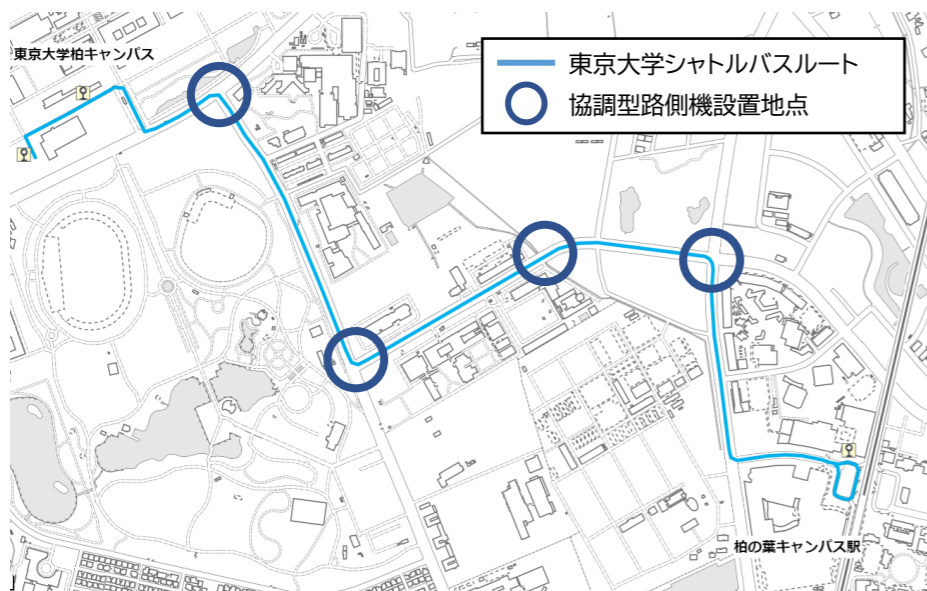
※一部手動運転区間の走行中は二種免許保有ドライバーによる運転



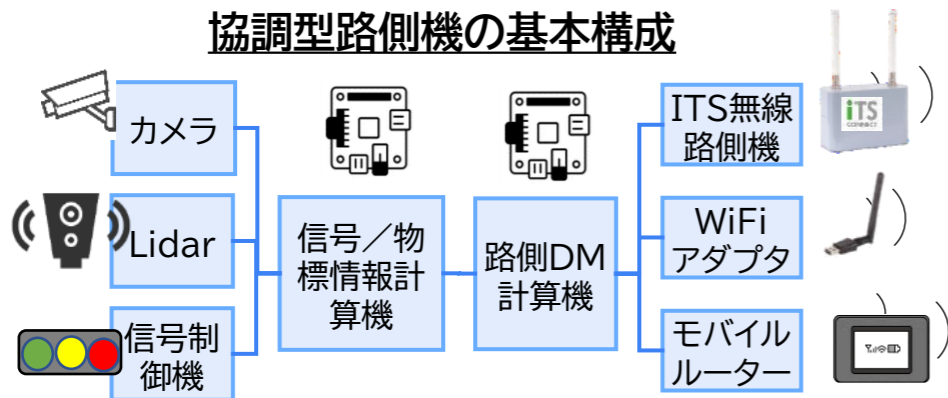
# 協調型自動運転移動サービス全体設計

- 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

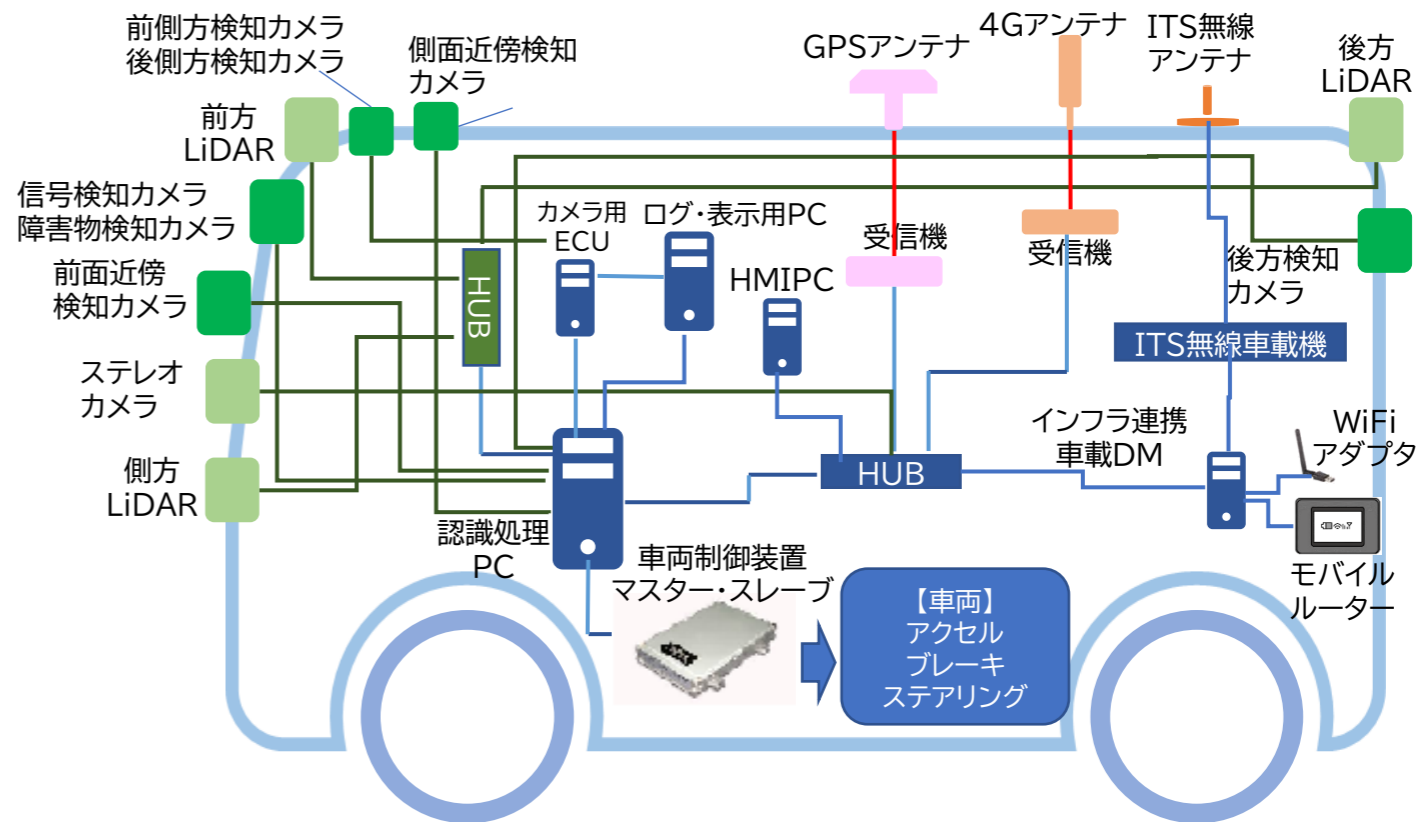
協調型路側機の設置箇所



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について、区間ごとに自動運転走行方法を策定し、そのために必要な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。  
(対テーマ2自動運転車両)
- 協調型路側機からの受信信号を車両制御コントローラに送信するインターフェースを実装し、インフラ情報活用の効果検証を開始。

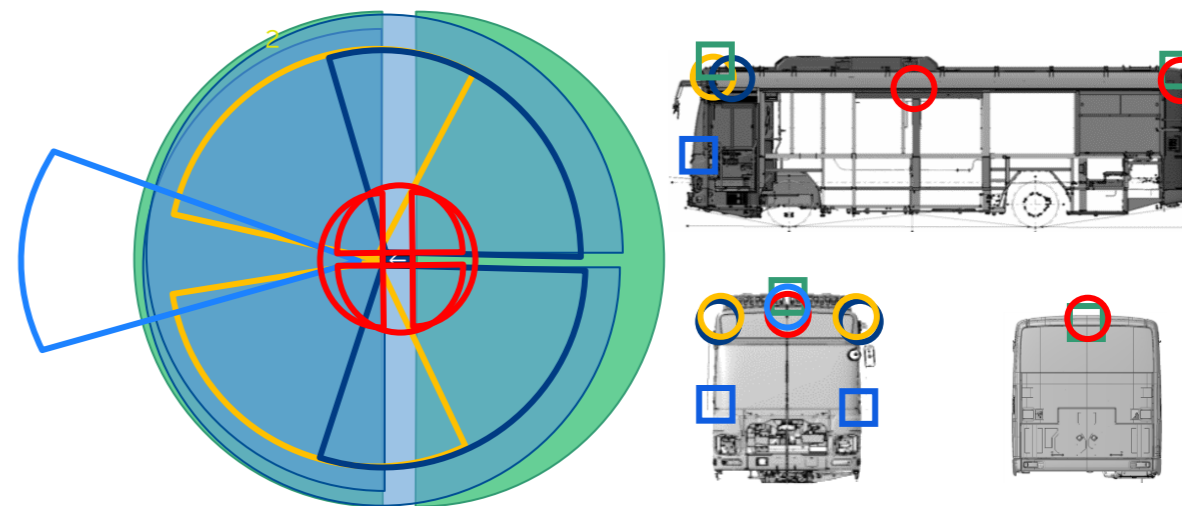


柏の葉実証用車両



前後側方カメラ

## 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○  
LiDAR:前後遠距離用×2□、左右近傍×2□

# 安全走行戦略の基本的な考え方

- 基本的な安全走行戦略としては、次の条件(1)-(2)を基本的な考え方として設定する

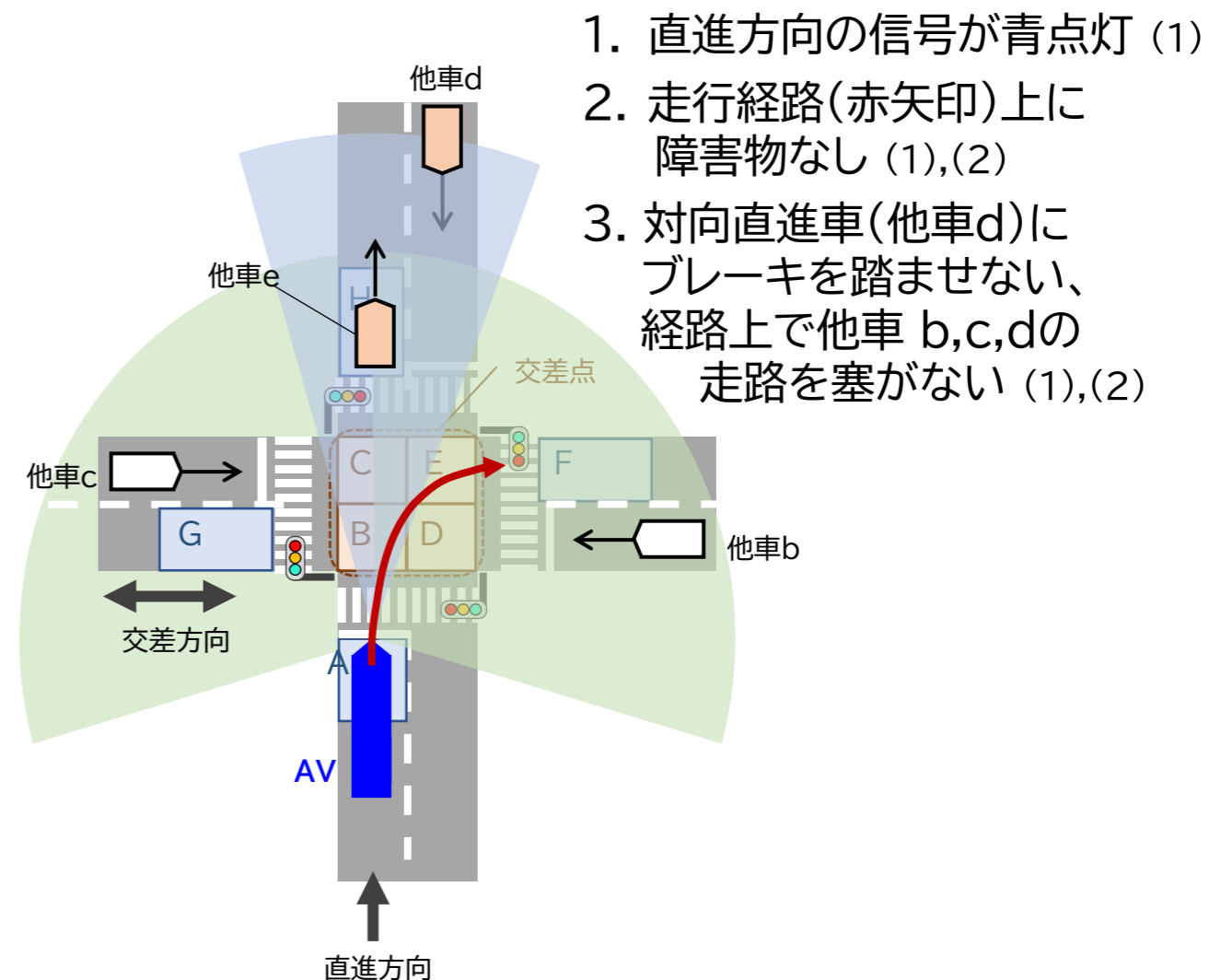
## (1) 関連する法規要件を遵守する

- ✓ 自動運転車両が安全に走行するためには、他の交通参加者との協調の担保が必要
- ✓ 他の交通参加者と協調するためには、共通の考え方や行動規範の設定が必要
- ✓ 交通参加者の間で共有できる要件として関連法規があり、安全走行上これを遵守することが責務

## (2) 合理的に予見可能なリスクシナリオに対して、安全に発進・走行・停止できることを確認して進行する

- ✓ 安全に停止した状態から進行を開始する際、合理的に危険を予測できる事が必要
- ✓ 衝突などのリスクを回避する際に、減速や徐行、さらには停止するケースも含めた想定が必要
- ✓ 進行後停止しても必要な安全性を確保できることを想定し、困難なケースはあらかじめ進行しないことで安全を確保

## 信号交差点を右折する場合の具体的な安全走行戦略



1. 直進方向の信号が青点灯 (1)
2. 走行経路(赤矢印)上に障害物なし (1),(2)
3. 対向直進車(他車d)にブレーキを踏ませない、経路上で他車 b,c,dの走路を塞がない (1),(2)

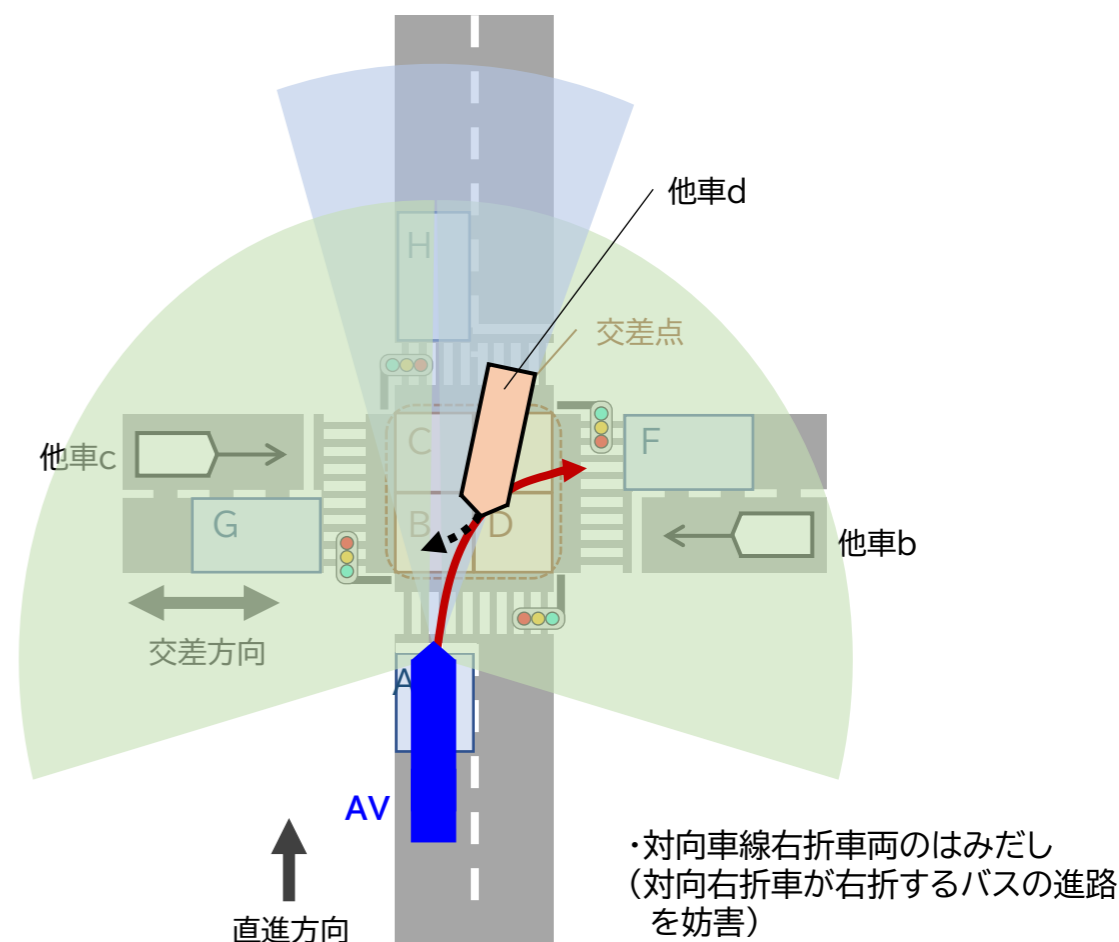


# リスクシナリオと想定すべき交通参加者の挙動

- 基本的な安全走行の考え方を踏まえ、具体的な安全走行戦略を策定し、その走行戦略で想定されるリスクシナリオを抽出。
- その際、周りの交通参加者の動き(移動速度、振る舞い)を網羅的に抽出することが重要。

## ◆ 信号交差点右折時の主なリスクシナリオ(事例)

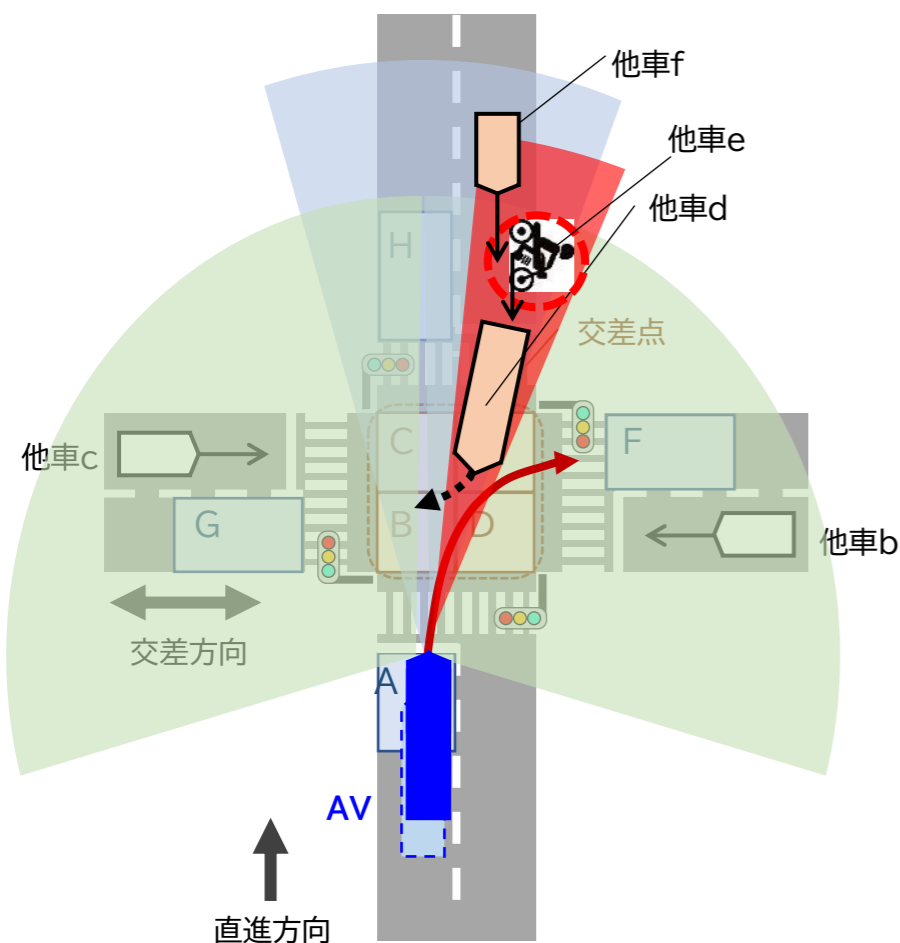
- (A) 対向車線右折車両のはみだし
  - ・ 対向右折車が右折するバスの進路を妨害
- (B) 横断歩行者の無理な横断
  - ・ 歩行者が、歩行者信号の青点滅のタイミングで横断を開始することにより、バスが横断歩道手前で停滞し対向車両の進路を妨害
- (C) 対向車線直進車両の暴走、加速
  - ・ 対向直進車が加速し、バスの交差点通過前に交差点へ到達することにより、バスの進路を妨害
- (D) 対向車線右折車両の死角
  - ・ 対向右折車両の死角から二輪車が飛出してくる、あるいは、対向右折車両が右折して死角消滅の直後に、車両や二輪車が直進してくる
- (E) 右折待ち先行車両の死角
  - ・ 先行車両が右折して死角消滅の直後に、車両や二輪車が直進してくる



(例)信号交差点右折のリスクシナリオ(A)

# 自律とインフラ情報との機能分担の検討

- 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**にかかわらず**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**

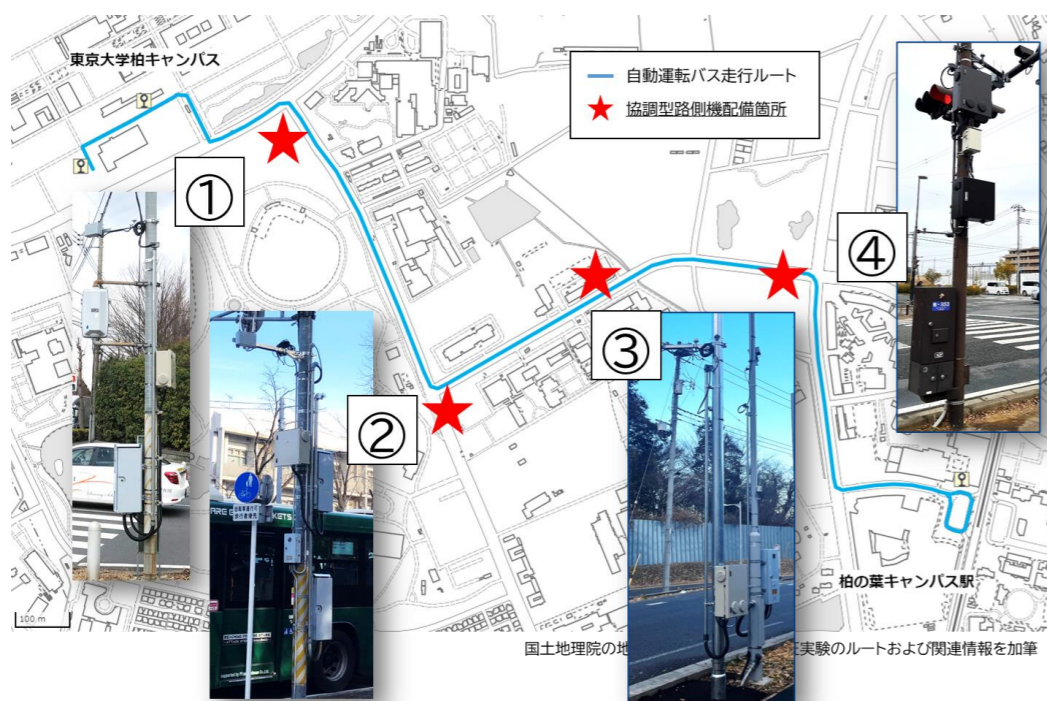
# 柏の葉公道への協調型路側機配置

- 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)



# データ連携プラットフォームの開発

- データ連携PFの性能・品質・機能を向上し、**柏の葉の実証実験環境に適合**。
- **複数通信方式の併用**と**セキュリティ管理システム**を検討し実装、評価。

## 1) データ連携PFの柏の葉への対応と評価

- 柏の葉で用いる自動走行車両と協調型路側機へ適用を行った。
- データ連携PFの性能、機能、品質を向上(時刻合わせ精度、運用性、車両の動き予測機能の追加など)、遅延時間(通信/処理遅延)を評価。

## 2) V2N/V2I通信方式の決定・開発・評価

- 複数通信方式の併用(携帯網と狭域直接通信の併用、複数キャリアの携帯網の併用)と効率的な物理データフォーマットを検討し、実装、評価。
- 760MHz帯ITS無線の利用に関し、関連団体との連携・調整を実施。

## 3) セキュリティ・プライバシー確保方法の検討と開発

- 公開鍵基盤(PKI)に基づき、仮名ID方式を用いたセキュリティ管理システムを開発。

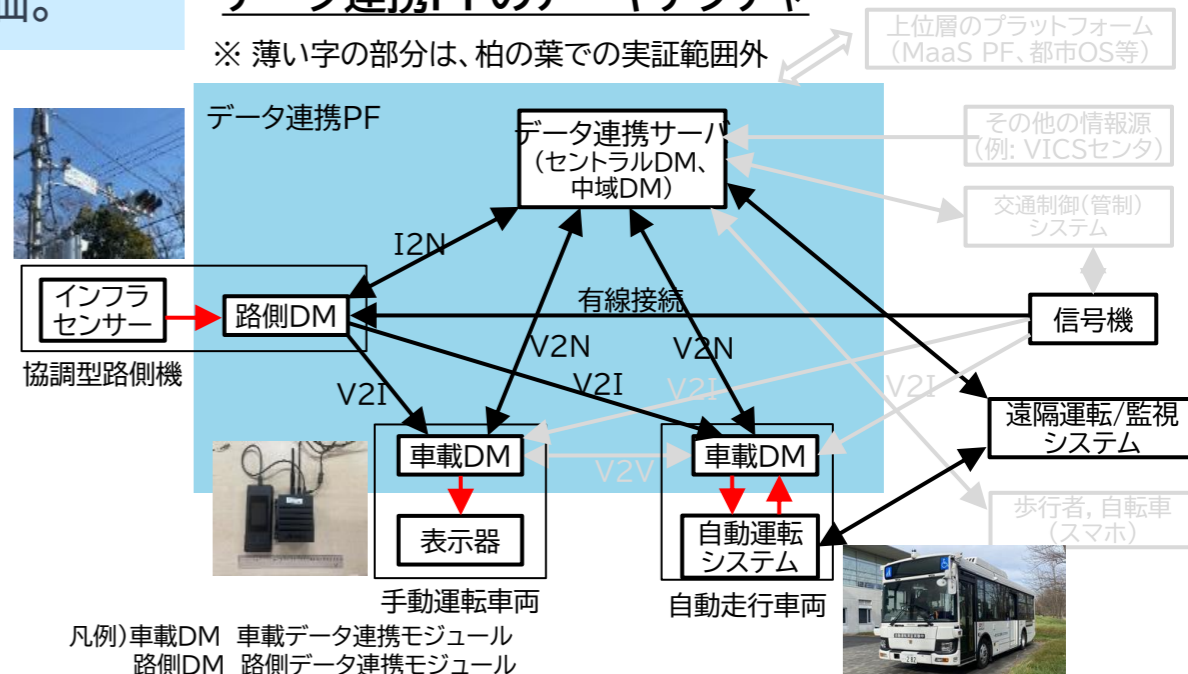
## ■ センサー部インタフェースの共通仕様化

～ITS Japan CCAM検討SWGとの連携～

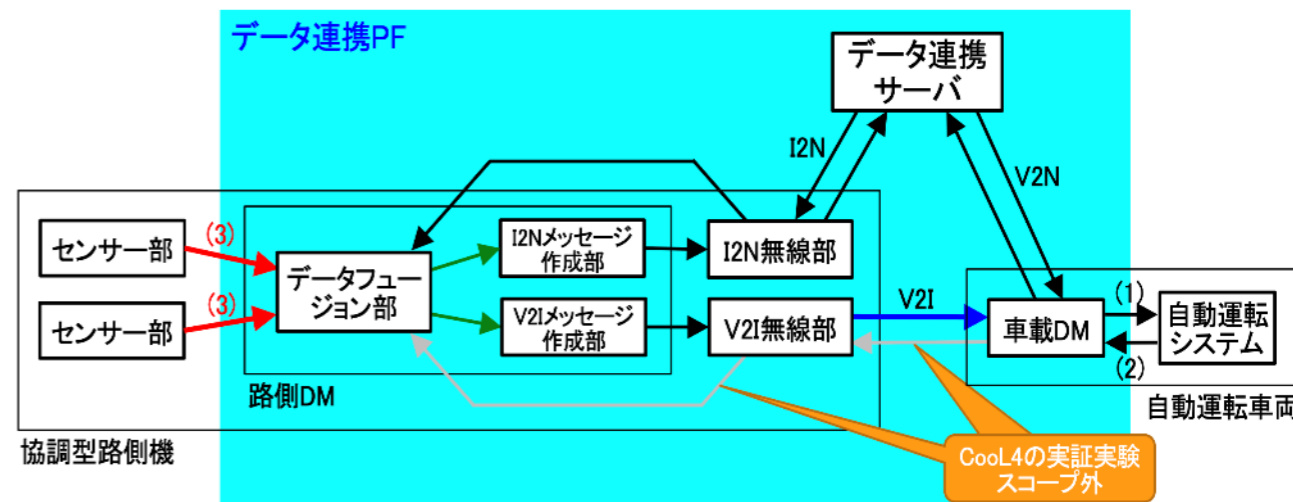
- 協調型路側機内の路側DMとセンサー部との間(右図の**赤矢印**)のデータフォーマットを共通仕様として、両者で協力して作成。
- 協調型路側機内のセンサー部を、Cool4向けとCCAM検討SWG向けで共通化でき、コスト削減につながる。

## データ連携PFのアーキテクチャ

※ 薄い字の部分は、柏の葉での実証範囲外



凡例) 車載DM 車載データ連携モジュール  
路側DM 路側データ連携モジュール



# 協調型システム評価環境の整備

- 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しリスク低減に寄与するため、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。
- 実環境で収集した通信ネットワークパラメータや交通データを取り込み、より現実に近いシミュレーションテスト環境を構築。

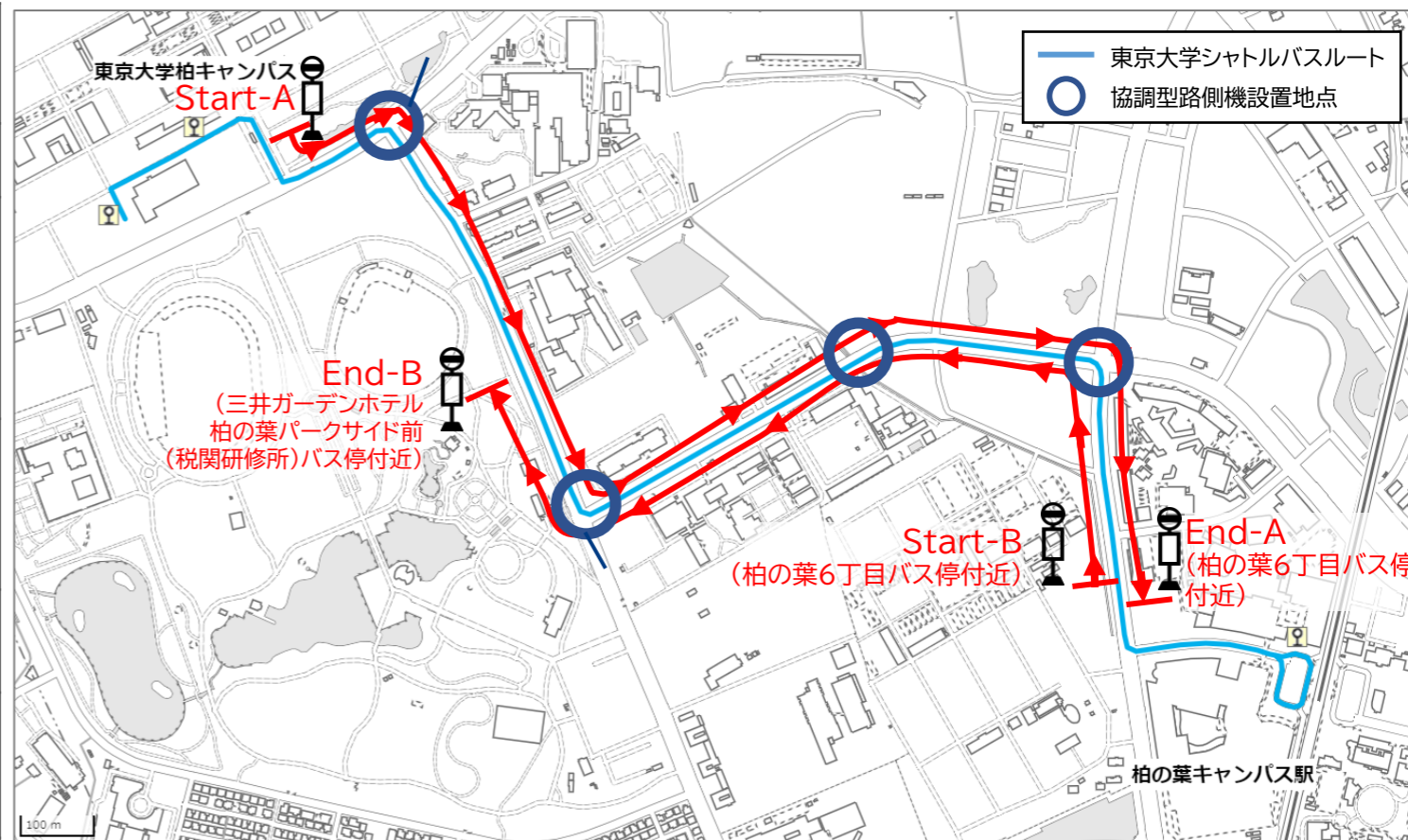
- 東京大学柏キャンパスのITS実験フィールド内の協調型路側機を拡充し、協調認識メッセージ送信ソフトウェアのフィールド実験を行った。その際、協調型自動走行システムの通信データセットを作成。
- フィールド実験性能測定ソフトウェアの開発と、3D物理シミュレーション・交通流・ネットワークシミュレータを統合し、仮想空間における協調型システムの評価プラットフォームを開発。今後、柏の葉公道の実環境へ適用していく予定。



# 2023年度 公道試験走行の概要



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</li> </ul>
実施期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>2024年1月15日(月)～2月22日(木)</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> </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証 など</li> </ul>



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

# 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。
- 柏の葉地区ワークショップ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。

## 〈2023年度実績例:共同ワークショップ@柏〉

- 実証実験を進める柏地区で自動運転バスの試乗、実験体験を通じた専門家間のワークショップ実施
- 無人運転化に向け、専門運転手に変わるサービス運用方式などの取り組みの情報共有、地域を含めた幅広い受容性の重要性を確認



