

**テーマ2：【ひたちBRT(茨城県日立市)】**  
**公道交差を含む専用道区間等における**  
**レベル4自動運転サービスの実現に向けた取り組み**

**2024年2月28日**

**RoAD to the L4 プロジェクト成果報告会**

**発表者：加藤 晋・テーマ2リーダー**  
**(国立研究開発法人 産業技術総合研究所)**

**テーマ2コンソーシアム：株式会社日本総合研究所（幹事機関）**  
**国立研究開発法人産業技術総合研究所**  
**株式会社みちのりホールディングス**  
**茨城交通株式会社**  
**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**

# 事業の概要 (2021年度～2025年度予定)

- 茨城県日立市の**ひたちBRTを実証フィールド**として、自動運転レベル4での実証及び社会実装の実現に向けた取組を推進。
- 2023年度は、ひたちBRTの専用道区間における、**乗務員乗車型※1のレベル4自動運転移動サービス**の社会実装に向けて取組を推進。

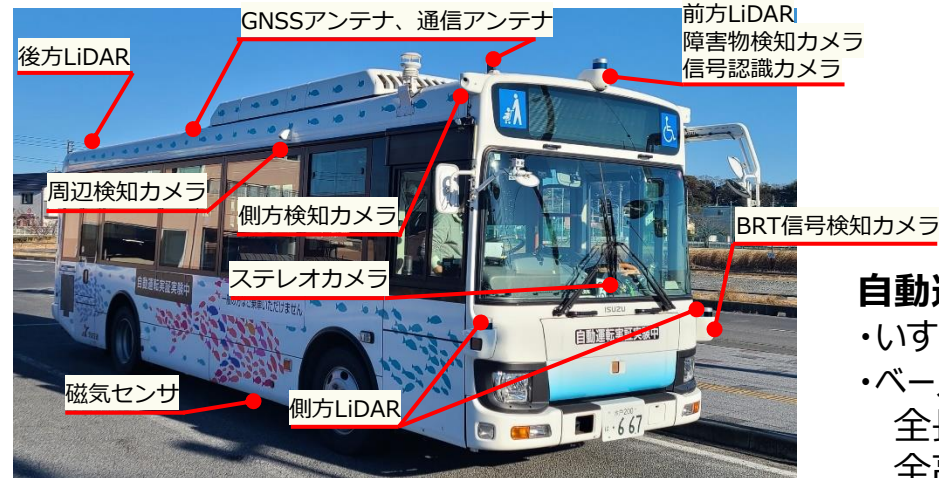
※1 乗務員乗車型：特定自動運行主任者と特定自動運行保安員を兼ねた乗務員が乗車するもの

成果目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>2025年度末までにひたちBRT路線内の公道交差を含む専用道区間等において、レベル4自動運転サービスを実現する。</li> </ul>
取組方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃線跡等の公道交差を含む専用道区間等における自動運転レベル4での実証及び社会実装の実現に向けた取組を推進する。</li> <li>上記の走行環境におけるレベル4自動運転の車両やシステムの開発を推進し、他地域展開に有用なODD設定等の事例を示す。</li> <li>乗務員乗車型や<b>遠隔監視型※2のレベル4自動運転サービス</b>における<b>社会実装</b>の横展開に有用なモデルを構築する。</li> </ul>

※2遠隔監視型：特定自動運行主任者(特定自動運行保安員兼務)が遠隔から監視するもの



<ひたちBRT運行区間>

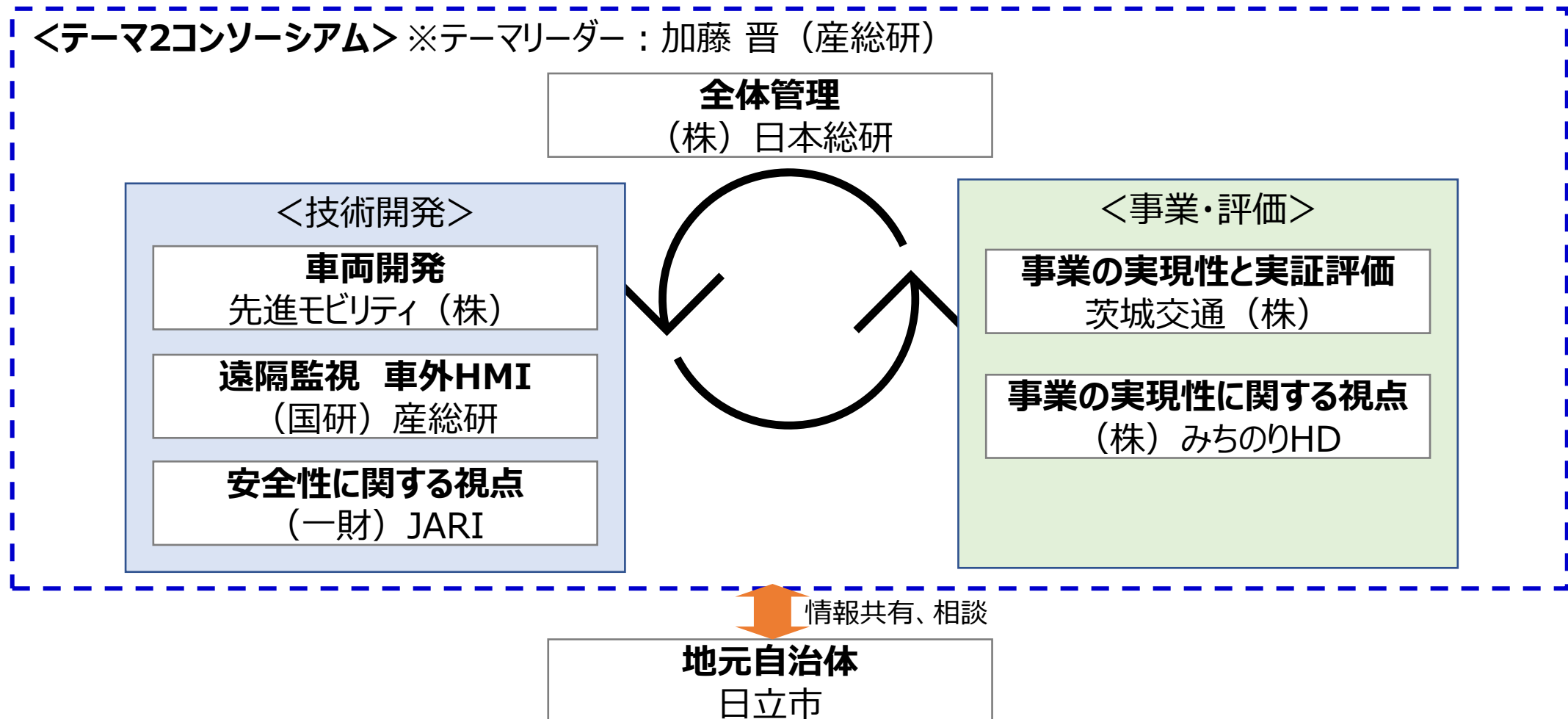


## 自動運転バス

- いすゞ・エルガミオの改造車両を使用
- ベース車両諸元
  - 全長：8.99m、全幅：2.48m
  - 全高：3.04m、定員：56名 (着座28名)

## 事業体制（2023年度～）

- 自動運転移動サービスを運行する事業者や導入地域の地元自治体を抜きにしては社会実装はできないため、2023年度からはテーマ2の**コンソーシアムに事業関係者が参画**する体制に変更し、地元自治体にも定例会議等に参加いただき、情報共有・連携しながら取り組みを推進。



# 5ヶ年計画(2021年度～2025年度予定)と2023年度の主な取り組み

- 5ヶ年計画は、基本的に2021年度の開始当初から線表を踏襲。
- 2023年度は、中間目標としてBRT専用道区間における乗務員乗車型のレベル4自動運転移動サービスの社会実装の実現に向けた取り組みを実施。
- 2025年度の最終目標である遠隔監視型のレベル4自動運転移動サービスの社会実装に向けた取り組みも実施。

## <2023年度の主な取り組み>

### 1. 乗務員乗車型のレベル4自動運転移動サービスの社会実装に向けた取り組み

- ①リスクアセスメントの実施（日本総研）
- ②交通環境調査、リスクシナリオの策定、安全走行戦略の確認（JARI）
- ③安全走行戦略の策定、自動運転システムの開発（先進モビリティ）
- ④実証走行による課題抽出と対応策の検証（先進モビリティ）

### 2. 遠隔監視型のレベル4自動運転移動サービスの社会実装に向けた取組

- ①遠隔監視および車内安全システムの開発仕様の検討や車外HMIの検討と実証等（産総研）
- ②事業モデルの検討（みちのりHD、茨城交通）



# ひたちBRTの専用道区間の走行環境

- ひたちBRT専用道区間は走路が一般道とバースゲートで分離されており、茨城交通のバス車両を除く車両の進入禁止。ただし、専用道と一般道との交差点(信号機有り3無し8)があり、一般車両等が交差通行する。また、専用道区間に並行する歩道があり、白縞の横断歩道、緑の横断指導線があり、歩行者等が横断通行する。
- 交差点の中には、複雑な形状の交差点（並走する一般道路からの横断）があり、一般車両の横断予測が難しい箇所がある。
  - ⇒ 自動運転バスでは、走路に想定される交通参加者等を検知し、安全に走行できるよう戦略を組み、リスクシナリオを検討し、センシングや制御の設計・開発と構築を実施し試走路での性能確認、現地での実証走行を行い、課題抽出と対応を進め、安全かつ円滑な自動運行の実現を目指している。



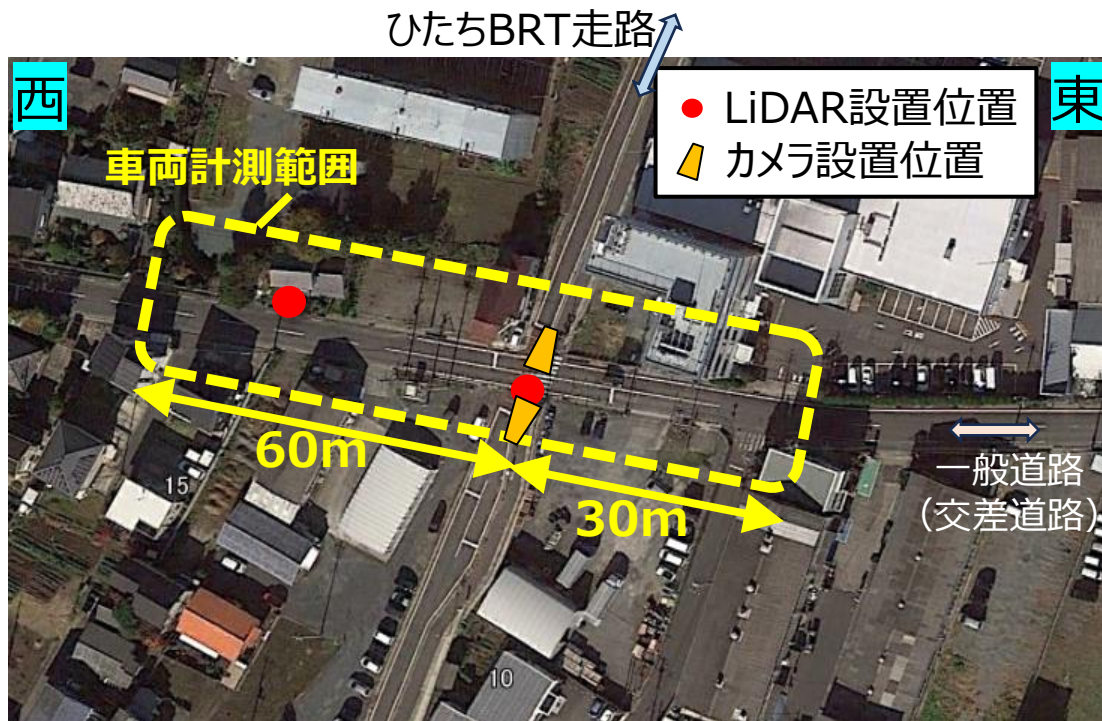
複雑な交差点の例：大沼小学校南側



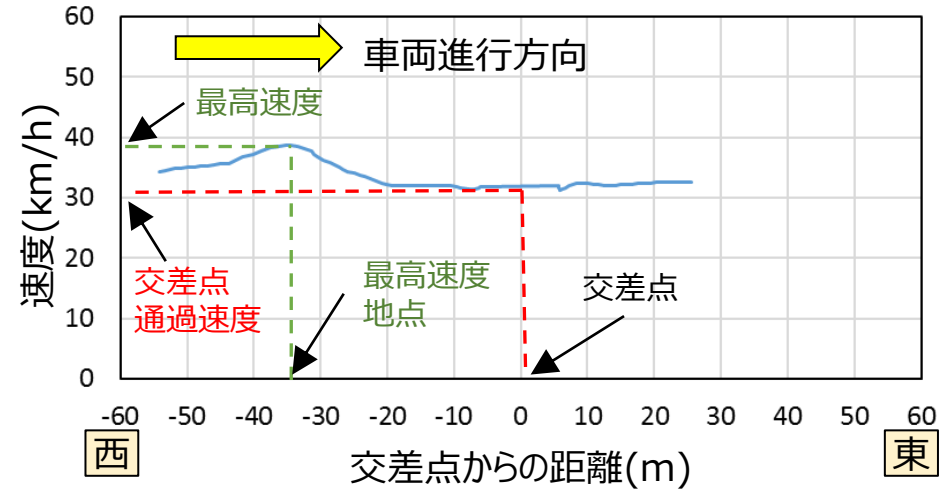
# 主な取り組み紹介：1.乗務員乗車型のレベル4自動運転移動サービスの社会実装に向けた取り組み

## ②-1 交通環境調査【JARI】

- 安全走行戦略の立案等の妥当性の説明に寄与するデータとして、ひたちBRT専用道の**交差点における一般道の一般車両等の交通量や速度変化などの交通実態を調査。**



磯坪交差点(信号機無し)にて計測  
※現在は信号機有り



車両1台ごとの挙動

	最高速度(km/h)	交差点速度(km/h)
最高	64.35	47.02
平均	38.85	31.46
85%タイル	44.63	38.42

最高速度と交差点速度の最高値,平均値,85%タイル  
(制限速度40km/h) ※含むバスがない自由走行



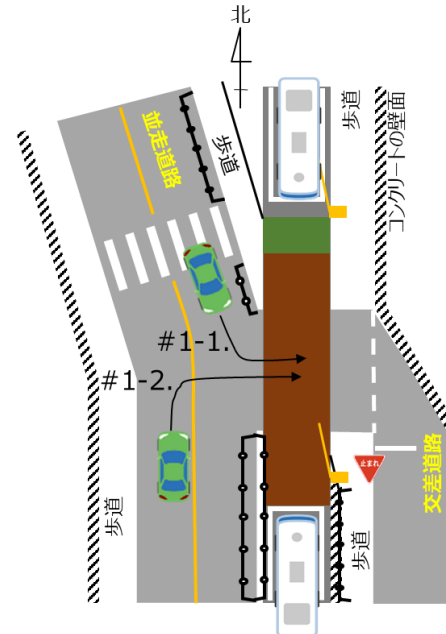
# 主な取り組み紹介：1.乗務員乗車型のレベル4自動運転移動サービスの社会実装に向けた取り組み

## ②-2 リスクシナリオの策定、安全走行戦略の確認【JARI】

- 車両安全の確保に向け走路の場所等の特徴から16種に走行分類し、分類毎に**リスクシナリオを作成**。リスクが高いシナリオについてテストコースで評価を行い、自動運転システムが設計通りに動作していること、および**安全走行戦略が有効に機能しているかを確認**。
- その上で実証実験へ臨み、センサ検出性能や制御の課題を抽出し、車両開発へフィードバック。

分類No.	走路の専用度合い	分類の観点		河原子・寺方バ	
		バス動作の観点から見た場所の特徴	歩行者に係るインフラ環境		
1	専用道	専用区間端点		河原子・寺方バ	
2		停留所付近	歩道なし		磯坪バ
3			歩道あり(ガードレールなし)		大沼バ
4			歩道あり(ガードレールあり)		日立商
5			緑の横断帯		水木・寺
6			歩道なし		河原子・
7			歩道あり(ガードレールなし)		泉が森-
8		停留所以外	歩道あり(ガードレールあり)		大塚駅-
9			緑の横断帯 (並走道路なし、または、並走道路とBRT専用道間の退避空間あり)		寺方バ
10			緑の横断帯 (並走道路とBRT専用道間の退避空間なし)		泉が森-
11			見通しが悪い道路 (急なカーブ)		泉が森-
12		見通しが悪い道路 (大きな起伏)		大塚駅	
13		大塚駅ロータリー内		日立商	
14		一般道との交差点	信号あり (並走道路なし)		磯坪交
15			信号なし (並走道路なし)		寺方バ
16			信号なし (並走道路あり)		

ひたちBRT専用道 走行分類 (16種)



※図では車両のみ記す



リスクシナリオの一例



テストコース評価 (設計確認)



実証実験 (実環境での安全性評価)



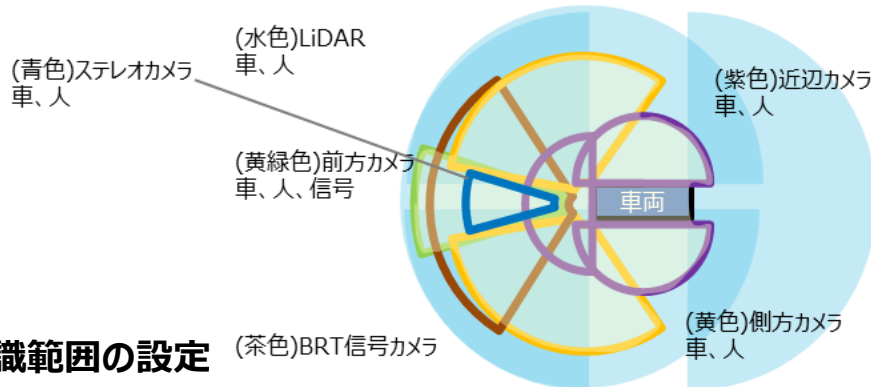
# 主な取り組み紹介：1.乗務員乗車型のレベル4自動運転移動サービスの社会実装に向けた取り組み

## ③安全走行戦略の策定、自動運転システム開発【先進モビリティ】

- 安全な特定自動運行を実現するための道路環境に応じた安全走行戦略を策定。
- 安全走行戦略に基づき、交差点等での認識性能の向上、スキャンマッチングの自己位置推定による制御安定性の向上、安全かつ円滑な移動を考慮した制御判断能力の向上によって、自動運行の停止の頻度を大幅に低減。
- 機能限界やODD外の判定機能の実装により、システム判断での安全な自動運行の停止を実現。
- 乗務員乗車型レベル4の車両認可に向けて、国土交通省の自動運転車公道走行WGへの説明を実施。

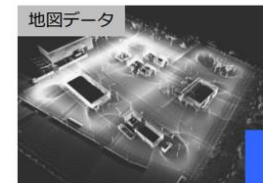
### 安全走行戦略 (一部抜粋)

道路環境	安全走行戦略	
道路環境1 (単路)	戦略1-1：走行経路上（単路）の障害物に対するふるまい	・走行経路の前方に障害物が存在し、進行できない場合は、減速して自動停止する
	戦略1-2：走行経路上（単路）に歩行者が進入してきた時のふるまい	・走行経路の近辺に歩行者が存在する場合、その歩行者の進入可能性を考慮した速度まで減速して側方を通過する。走行経路内に進入してきた場合は、歩行者の手前で停車する。 ・歩行者が走路に進入する方向に移動しているときは、歩行者の手前に停止する。
	戦略1-3：制限速度を超えない	・BRT専用空間の制限速度40km/h以下となるよう、自動走行の目標速度を設定する。 ・制限速度を超過した場合は異常と判断し、MRMに移行し自動停止させる。
⋮	⋮	⋮

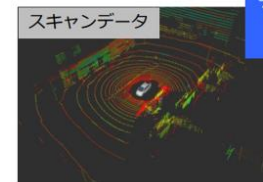


検知・認識範囲の設定

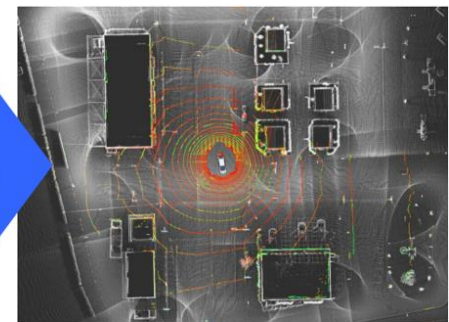
事前登録済み



車載LiDARを使用



スキャン  
マッチング



3次元地図とスキャンデータの座標変換を計算

スキャンマッチングによる自己位置推定

# 主な取り組み紹介：1.乗務員乗車型のレベル4自動運転移動サービスの社会実装に向けた取り組み

## ④実証走行による課題抽出と対応策の検証【先進モビリティ】

- 2023年9月、12月、2024年2月に、ひたちBRTの現地で実証走行(レベル2)を行い、安全かつ円滑なレベル4自動運転による走行を実現するため、課題を抽出し、それを解決する対応策を実施・検証している。

9月実証実験  
2023年9月19日～10月13日

12月実証実験  
2023年12月4日～12月22日

2月実証実験  
2024年2月13日～3月1日

目的：レベル4の自動運転のセンシングや制御の技術検証と課題の抽出。

課題：道路構造物等の過検知や、信号なし交差点における「譲り合い」など、複数の課題が洗い出された。

対応：12月に実施する実証実験に向け、AIの追加学習による認識性の向上や、衝突予測等の判断を強化し車両停止が継続する場合に自動運行を停止するなどの対策を実施。

目的：9月実証における課題対応策の有効性の確認と実走行での課題抽出。

成果：道路構造物等の過検知は減少。車両停止が継続する場合に自動運行が想定通りに停止することを確認。

課題：衝突予測等の判断を強化した制御により、安全ではあるが、車両停止状態の継続が多くなり自動運行の停止が多く発生。

対応：安全性を担保しつつ、円滑な移動も考慮した制御への改良を実施。

目的：12月実証における課題対応策の有効性の確認、交差点や横断歩道での安全かつ円滑な走行制御による自動運行の停止の減少等を確認。

現時点での評価：

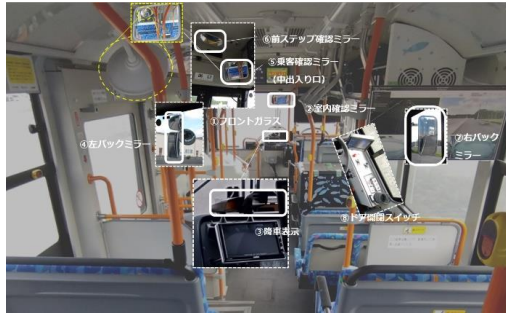
自動運行の停止はほぼ無い状況。より円滑な走行のため、現地での調整を行いつつ実験走行を継続実施。

# 主な取り組み紹介：2.遠隔監視型のレベル4 自動運転移動サービスの社会実装に向けた取り組み

## ①遠隔監視および車内安全システムの開発仕様の検討と緊急自動車の検知評価【産総研】

- 無人化に向け、必要な遠隔監視システムおよび車内安全システムのタスク詳細を分析。
- 緊急自動車の接近をサイレン音から検知する技術に対する基本要件と評価方法を示し、評価を実施。

### <遠隔監視システム>



### <緊急自動車の接近検知>

緊急自動車の模擬車両とサイレン音スピーカー・アンプ等



### 乗務員動作詳細タスク抽出

車内乗客安全の確認行動の調査 ※前提：中扉で乗車、前扉で降車  
 ● 運転手の安全確認動作分析結果  
 車内図例 [https://www.hino.co.jp/rainbow\\_2/lineup/onestep/index.htm](https://www.hino.co.jp/rainbow_2/lineup/onestep/index.htm)

■ 車両の右側  
 ・車外  
 - 後続追抜き車両がないか  
 ■ 車内  
 - 着席しようとしている客  
 - 降車口へ歩いている客  
 - 右左折時に立ち席の客  
 - 停車時の立ち上がり、立ち席客の行動  
 - 立ち席客が手すりに掴まっているか

■ 車両の前  
 ・車外  
 - バス車両の前を横断  
 - バス待ち客の確認  
 ■ 前扉付近  
 ・車内  
 - 扉内に乗客が手をかけていないか  
 - 乗客や荷物が挟まれずに安全にドアが開くか  
 - 適性な運賃收受の確認  
 ・車外  
 - 水たまりがないか  
 - 降車が完了したか  
 - 扉外に乗客が手をかけていないか

■ 中扉付近  
 ・車内  
 - 扉内に乗客が手をかけていないか  
 - 乗客や荷物が挟まれずに安全にドアが開くか  
 - 停留所から降り待っている人  
 - 駆け込み乗車  
 - 積み残しがないか  
 - ペビーカーや大きな荷物をもっていないか  
 - 足が不自由でないか等、乗客の状態

### 乗務員動作詳細タスク分析結果

No.	乗務員動作	運転手の目線・確認内容										運転手の行動の記録			
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	確認の項目	確認行動		
5-2	停車	バスはバス待ちに響く。			④左バックミラーを見て停留所付近の乗客の								・後方からすり抜ける車両がないか		
5-3	停車				④左バックミラーを見て停留所付近の乗客の								・乗客の様子(支援が必要か)		はい、お待たせいたしました。どうぞ、自立のようですね。
5-4	停車	D/E/Fはステップを上り乗車する													
5-5	停車	D/E/Fは⑤に着席する。Fは荷物を車内に忘れる。													はい、それでは、ドアが閉まります。ドアにご注意ください。
5-6	停車	Fは車内に忘れた荷物を取りに前へ出てくる。Fは荷物を取り⑧に戻り着席する。			乗客が対応するために乗客が降り移動するかを全乗客確認ミラー(中扉)を見て確認していた。								・中扉付近の物が取り除かれたか		はい、入り口にお忘れ物はありません。どうぞ、よろしくお願いいたします。

### サイレン音検知評価のコンペの様子





# 主な取り組み紹介：2.遠隔監視型のレベル4自動運転移動サービスの社会実装に向けた取り組み

## ①車外HMIの検討と実証【産総研】

- 車外HMIが必要とされる場面（交差点における譲り合いの抑制等）を整理、実証実験等による評価システムの構築（基準緩和プロセスを含む）および**車外HMIの効果検証**。

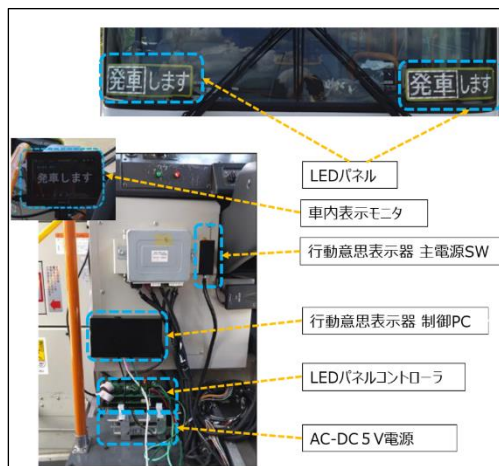
### <車外HMI>

#### 車外HMIが必要とされる場面の抽出

NO.	交差点/仮称	対象	車外HMI 実施	信号 (有/無)	バナー (有/無)
1	BRT南部図書館側出入口	交差点			有
2	南部図書館バス停北	交差点			有
3	日立商業下バス停南	交差点		有	有
4	日立商業高校バス停南	歩道			
5	日立商業高校バス停構内	歩道			
6	どうのいり公園バス停構内	歩道			
7	吹上橋バス停構内	歩道			
8	臨海工場西バス停構内	歩道			
9	常磐線第一細田踏切西	歩道			
10	泉が森バス停構内	歩道			
11	ことうさく幼児公園西	歩道			
12	水木	車道	○	有	有
13	寺方BRTバス停南	車道	○		有
14	寺方BRTバス停構内	歩道			
15	大沼団地バス停用歩道	歩道			
16	大沼団地バス停北 信号	歩道			
17	大沼小南	車道	○		有
18	大沼小東バス停構内	歩道			
19	大沼小北	車道	○		有
20	大沼BRTバス停南	車道	○		有
21	大沼BRTバス停構内	歩道			有
22	大沼BRTバス停北	車道	○		有
23	市営磯坪団地南	車道	○	(有)	有
24	磯坪バス停構内	歩道			
25	金沢川北	車道	○		有
26	交流センター南	車道	○		有
27	河原子BRTバス停構内	歩道			
28	BRT河原子側出入口	車道			



#### 実証実験用システムの構築



#### 車外HMIのシミュレーション環境の構築



#### 実証実験でのデータ収集





# 主な取り組み紹介：2.遠隔監視型のレベル4自動運転移動サービスの社会実装に向けた取り組み

## ②事業モデルの検討

### 【みちのりHD】

- 運行事業者としての具体的な導入ロードマップと事業性試算のための事業シミュレーションを実施。
- 具体的な技術開発情報に基づいた**導入ロードマップ**を検討。
- 遠隔監視型でのレベル4の自動運行にあたっての車両だけでなく**システム全体のリスク評価を体系的に実施**。

### 【茨城交通】

- 産総研の車内安全システムの検討のための**車掌業務の詳細化**を実施。
- みちのりHDとバリューチェーン全体での影響を分析。
- 運行以外の課題を抽出。
- 事業者としての**要求仕様具体化**。