

令和4年度  
無人自動運転等のCASE対応に向けた実証・支援事業  
（自動運転レベル4等先進モビリティサービス  
研究開発・社会実装プロジェクト（テーマ2））

公表用調査報告書

令和5年3月

日本工営株式会社  
国立研究開発法人産業技術総合研究所  
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

令和4年度  
無人自動運転等のCASE対応に向けた実証・支援事業  
(自動運転レベル4等先進モビリティサービス  
研究開発・社会実証プロジェクト(テーマ2))

- 目 次 -

<b>序章</b>	<b>1</b>
.1. 事業全体の目標・成果目標	1
.2. 事業内容	3
.2.1. 全体概要	3
.3. 業務項目	6
.4. 実施体制(全体実施体制)	7
.5. 事業報告書の構成	8
高度化編	
<b>第1章 日立地域における高度化検討の概要</b>	<b>1-1</b>
1.1. 高度化検討におけるモデル地域の選定	1-1
1.2. 日立地域における高度化検討の概要	1-1
1.2.1. 全体計画(案)の立案(5か年のスケジュール)	1-2
1.2.2. 自動運転移動サービス社会実装時の自動運転システムODD(案)の検討	1-2
1.2.3. 日立地域における移動サービスに係る対応方針	1-3
1.2.4. 次年度の検討スケジュール	1-3
<b>第2章 無人自動運転移動サービスの高度化を目指す実証実験</b>	<b>2-1</b>
2.1. 高度化会議の実施	2-1
2.1.1. 会議の位置付け	2-1
2.1.2. 出席者	2-1
2.1.3. 開催実績	2-2
2.2. 無人自動運転移動サービス内容の見直しの検討	2-4
2.2.1. 会議の位置付け	2-4
2.2.2. 出席者	2-4
2.2.3. 開催実績	2-4
2.2.4. 無人自動運転移動サービスの要求仕様	2-5
2.2.5. 輸送力の検討	2-19
2.3. 現地実証実験実施の検討	2-26
2.3.1. 実験期間の設定	2-26
2.3.2. 走行ルートの設定	2-27
2.3.3. 運行ダイヤの設定	2-28
2.3.4. 検証項目の設定	2-29
2.3.5. 実験計画書等の策定	2-31

2.3.6.	試乗等実施計画	2-50
2.3.7.	実証実験の周知	2-61
2.3.8.	体験乗車の周知	2-70
2.4.	実証実験の実施スケジュール	2-79
2.5.	ひたち安全走行戦略会議の実施	2-82
2.6.	関係者協議の実施	2-84
2.6.1.	第1回連絡会	2-85
2.6.2.	第2回連絡会	2-105
2.6.3.	第3回連絡会	2-128
<b>第3章</b>	<b>走行環境、運行条件の整理、評価条件の整理・評価</b>	<b>3-1</b>
3.1.	ひたち BRT を題材とした安全走行設計手法の検討	3-1
3.1.1.	無人自動運転移動サービスを想定した ODD/ユースケースの設定方法やその の類型化：高度化の視点での検討	3-1
3.1.2.	ODD に応じたセーフティアセスメント手法やそのガイドラインの検討	3-12
3.2.	ひたち BRT における安全設計事例の検討	3-15
3.2.1.	歩行者脇の通過に関して	3-15
3.2.2.	信号なし交差点の通過（直進）に関して	3-17
3.3.	ひたち BRT のセーフティアセスメント	3-18
3.3.1.	ハザードの分析とリスクの評価	3-20
3.3.2.	特定されたハザードのリスク見積り	3-26
3.3.3.	機能の不十分性及びミスユースに伴う安全方策の定義	3-36
3.3.4.	実装された安全設計の評価（テストによる検証）	3-37
3.3.5.	運行シナリオに応じたセーフティアセスメント手法の定義	3-38
3.3.6.	評価結果に基づく考察	3-45
3.3.7.	セーフティアセスメントに活用できるチェックリストの例	3-45
3.4.	ひたち BRT における簡易な仮想環境構築	3-46
3.4.1.	簡易な仮想環境の用途検討	3-48
3.4.2.	簡易な仮想環境の改良	3-49
3.4.3.	危険シナリオの作成	3-57
3.4.4.	ヒアリング/体験会	3-59
3.4.5.	まとめ	3-60
3.4.6.	課題 3-61	
3.5.	ひたち BRT 自動運転車両の認識性能評価	3-61
3.5.1.	評価に用いた自動運転バス	3-61
3.5.2.	R4 年度現地実証実験に向けた検知性能評価法開発と検知性能確認	3-62
3.5.3.	検知性能評価結果	3-78
3.5.4.	まとめ	3-79
<b>第4章</b>	<b>車両開発</b>	<b>4-1</b>
4.1.	車両システム開発（2021 年度に対する車両アップデート）	4-1
4.1.1.	ひたち BRT における走行分類	4-1

4.1.2.	走行分類に対する追加機能 .....	4-6
4.2.	ひたち BRT R4 年度現地実証実験の事前検証 .....	4-9
4.2.1.	認識システムの性能確認結果（JARI 試験結果） .....	4-9
4.3.	ひたち BRT R4 年度現地実証実験結果 .....	4-61
4.3.1.	事前調整およびひたち BRT 調律結果 .....	4-61
4.3.2.	ひたち BRT 走行結果 .....	4-64
4.3.3.	インフラ連携 .....	4-108
4.3.4.	走行結果からの考察 .....	4-111
<b>第 5 章</b>	<b>遠隔監視システムの開発 .....</b>	<b>1</b>
5.1.1.	遠隔システムの高度化 .....	1
<b>第 6 章</b>	<b>走行環境整備の検討 .....</b>	<b>6-1</b>
6.1.	走行環境整備の検討概要 .....	6-1
6.1.1.	検討の目的 .....	6-1
6.1.2.	検討の内容 .....	6-1
6.1.3.	検討フロー .....	6-2
6.2.	検討前提条件の整理 .....	6-4
6.2.1.	ひたち BRT バスの概要 .....	6-4
6.2.2.	現状における走行環境の整理 .....	6-6
6.2.3.	手動介入結果（過年度実証時） .....	6-12
6.2.4.	BRT 信号の概要 .....	6-14
6.3.	ひたち BRT 実証実験 .....	6-15
6.3.1.	ひたち BRT 実証実験の概要 .....	6-15
6.3.2.	運行事業者へのヒアリング .....	6-16
6.3.3.	現地合同調査 .....	6-17
6.3.4.	所要時間調査結果 .....	6-38
6.4.	走行環境整備の検討 .....	6-40
6.4.1.	走行環境整備の考え方 .....	6-40
6.4.2.	走行環境整備の問題・課題 .....	6-41
<b>第 7 章</b>	<b>インフラ連携の仕組み検討 .....</b>	<b>7-1</b>
7.1.	インフラ連携の高度化 .....	7-1
7.1.1.	2021 年度成果の整理 .....	7-1
7.1.2.	インフラ連携実証実験の概要 .....	7-4
7.1.3.	ひたち BRT 特有のインフラ（バーゲート）の認識率向上に向けた方策の実施 .....	7-5
7.1.4.	ひたち BRT 特有のインフラシステムとの連携に向けた検討 .....	7-33
7.1.5.	交差点部でバスが安全に走行するための取組みの実施 .....	7-47
<b>第 8 章</b>	<b>事業モデルの検討 .....</b>	<b>8-1</b>
8.1.	日立地域における事業モデルの検討 .....	8-1
<b>第 9 章</b>	<b>社会受容性の検討 .....</b>	<b>9-1</b>
9.1.	社会受容性に係る調査の実施概要 .....	9-1

9.2.	アンケート調査	9-1
9.2.1.	回答者のプロフィール	9-1
9.2.2.	体験乗車しての意見	9-4
9.2.3.	現行のBRTの必要性・自動運転化の有用性	9-9
9.2.4.	技術開発以外に必要なこと	9-13
9.2.5.	自由回答	9-13
9.3.	グループインタビュー調査	9-14
9.3.1.	実施概要	9-14
9.3.2.	実施結果	9-16
9.4.	まとめ	9-22

## 多様化編

<b>第1章</b>	<b>多様化検討の概要</b>	<b>1-1</b>
1.1.	多様化検討におけるタスクフォース	1-1
1.1.1.	タスクフォースの目的	1-1
1.1.2.	タスクフォースの位置づけや体制	1-2
1.1.3.	タスクフォースの開催実績	1-2
1.1.4.	成果概要	1-5
1.2.	運用ガイド検討	1-7
<b>第2章</b>	<b>無人自動運転移動サービスの多様化検討</b>	<b>2-1</b>
2.1.	無人自動運転移動サービス内容の多様化	2-1
2.1.1.	サービス類型の2021年度における整理	2-1
2.1.2.	サービス類型の見直しの検討	2-3
<b>第4章</b>	<b>車両開発</b>	<b>4-1</b>
4.1.	自動運転バスの多様化	4-1
4.1.1.	走行シーンの多様化	4-1
<b>第5章</b>	<b>遠隔監視システムの多様化検討</b>	<b>1</b>
5.1.1.	遠隔監視者の役割検討	1
<b>第6章</b>	<b>インフラ連携の多様化検討</b>	<b>6-1</b>
6.1.	検討背景	6-1
6.2.	走行環境整備の在り方検討	6-1
6.2.1.	走行環境整備の在り方に関する考え方	6-2
6.3.	インフラ連携に関する多様化検討	6-20
6.3.1.	自己位置特定の支援	6-20
6.3.2.	走行空間の確保に係るインフラ整備	6-24
6.3.3.	交通規則	6-27
6.3.4.	自動走行を行うために配慮すべき道路環境整備	6-29
<b>第7章</b>	<b>事業モデルの検討</b>	<b>7-1</b>
7.1.	事業モデルの多様化に向けた検討	7-1
7.1.1.	事業モデル検討におけるモデル地域の選定	7-1

7.1.2.	モデル地域における事業モデルの整理.....	7-3
--------	------------------------	-----

# 序章

## 1. 事業全体の目標・成果目標

本テーマ事業は、「自動運転レベル4等先進モビリティサービス研究開発・社会実装プロジェクト（RoAD to the L4）」の一部として実施されるものである。当該プロジェクトは、CASE、カーボンニュートラルといった自動車産業を取り巻く大きな動きを踏まえて、持続可能なモビリティ社会を目指すこと、レベル4等の先進モビリティサービスを実現・普及することによって、環境負荷の低減、移動課題の解決、我が国の経済的価値の向上に貢献することを目的として位置づけられており、技術開発、調査分析、実証実験の各取組を連携させ、レベル4等先進モビリティサービスの社会実装を目指す取組である。また、社会実装に向けては、プロジェクトコーディネータのもとで、データ活用・連携、利用者目線での評価などの共通する課題等について情報を共有し、相互に連携しながら取り組むことが求められている。

本テーマ事業は、「無人自動運転サービスの対象エリア、車両を拡大するとともに、事業性を向上する」ための取組であり、テーマ1「限定エリア・車両での遠隔監視のみ（Lv4）で自動運転サービスの実現」におけるシステム開発成果や事業モデル構築成果を先行ケースとして活用するとともに、テーマ4「混在空間でレベル4を展開するためのインフラ協調や車車間・歩車間の連携などの取組」において検討するインフラ連携システムに関し、テーマ2で実装を推進するサービスへの適用を図る等、テーマ間で連携しながら事業を推進する。

当該プロジェクトの研究開発・社会実装計画に基づき、テーマ2事業の5か年（2021年度～2025年度）での成果目標を以下の通りとする。

- ・2025年度までに、多様なエリアで、多様な車両を用いた無人自動運転移動サービス（レベル4）を50カ所程度で実現。
- ・多様なサービスに展開できる事業モデルやインフラ・制度を構築。

本成果目標に向けて、2022年度は以下の事項を目標として実施する。

### 【高度化検討・多様化検討共通】

- ・具体的な自動運転移動サービスの事業モデルを想定した上で、車両開発者や運行事業者の意見を収集・集約し、自動運転車両の安全設計や機能確認の適正かつ効率的な実施、ひいては横展開に寄与するような ODD 設定方法やセーフティアセスメント手法を検討する。

### 【高度化検討】

- ・モデル地域である日立地域（ひたち BRT）では、2023年度レベル3以上の社会実装に向けて現地実証実験を実施し、技術検証等を行う。なお、現地実証実験はレベル3以上相当のレベル2（乗務員責任）での実施を予定する。

【多様化検討】

- ・ 無人自動運転移動サービスの社会実装を目指す事業者等の要望や意見を幅広く収集し、無人自動運転移動サービスに対する ODD の類型化、安全設計プロセスやセーフティアセスメントガイドライン（以下、SA ガイドライン）、セーフティレポートの公開方法等を検討する。
- ・ 日立地域の他にも適用する事を念頭に、車両開発や安全評価支援を行う。

成果目標の達成に向けては、2025 年 50 箇所の実現に向けたスケジュールと整合するよう、コーディネート機関、他テーマの状況を踏まえテーマ 2 事業の 5 年計画の見直しを適宜行う。テーマ 4 との具体的な連携内容や時期等が明確になった段階で、計画の見直しを行うものとする。

本年度の事業実施スケジュールは下図のとおりである。

項目		2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度
高度化	全般		現地実証実験	○レベル3以上の許可・審査等の手続き 社会実装（レベル3）	○レベル3社会実装での課題抽出及び課題への対応策検討	社会実装（レベル4）
		○専用空間（日立地域）でのレベル3以上に向けた検討（専用空間）			○専用空間（日立地域）でのレベル4に向けた検討	
	車両	○ODD/ユースケースの洗い出し、リスクに対する対応策の検討 ○レベル3以上の実現に向けた車両開発・安全評価分析			○レベル4のODD検討、リスクに対する対応策の検討 ○レベル4の実現に向けた車両開発・安全評価分析	
	遠隔	○運行実態に応じた移動サービス（運行場面）の洗い出しと役割分担 ○遠隔システム構築（産総研内）	○遠隔システム構築（日立地域内）		○車内乗務員不在時の対応策の検討 ○レベル4に向けた遠隔システムの構築	
	インフラ	○導入可能なインフラ連携の仕組みの整理 ○インフラ連携のあり方検討（テーマ4連携）	○システム導入検討 ○インフラ連携システムの構築（テーマ4連携）			
多様化	TF 全般	○無人自動運転移動サービス導入のためのODDの類型化 ○SAガイドライン、サービス社会実装ガイドラインの検討、初版公開		○移動サービス導入事例を踏まえたODD類型化の見直し・深化 ○上記に対応したSAガイドライン等の更新		
	モデル地域選定	○レベル4を目指すモデル地域選定（混在空間想定）	○モデル地域での安全評価支援 ○モデル地域でのODD設定・車両開発		○自動運転（レベル4）システムを導入する地域の拡大【実証による検証】	

## .2. 事業内容

### .2.1. 全体概要

#### (1) 実施体制

本プロジェクトを遂行するにあたって、自動運転システム・サービスの実装に向けて幅広い知見が必要となることから、日本工営株式会社（以下、日本工営）が幹事機関として取りまとめ役となり、各項目に対し、高い知見や研究開発能力を持つ機関である、国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下、産総研）、一般財団法人日本自動車研究所（以下、JARI）、先進モビリティ株式会社（以下、先進モビリティ）とのコンソーシアム形式をとる。

また、モデル地域を対象とした社会実装を見据えた自動運転システム全体の高度化検討を進めるために必要な体制を構築する。あわせて、より多くの方の意見を踏まえた検討が必要となる自動運転システムの多様化検討においては、外部有識者を含めたタスクフォースを設立し、幅広く議論できる体制を構築する。また、5 か年プロジェクトの位置付けを踏まえながら、推進体制を見直していく。

#### (2) 高度化検討におけるモデル地域

中型自動運転バスによる実証評価等を踏まえると、ルートの中に専用空間を含み、走行環境面からみても社会実装の可能性が高い日立地域は、地域関係者による社会実装に向けた取組が進んでおり、モデル地域として選定した。

2021 年度は、日立地域における地域関係者と高度化の議論を進め、2022 年度は、2023 年度のレベル 3 以上の社会実装に向けて、テストコースでの安全評価試験やひたち BRT 専用区間での現地実証実験を実施する。また、将来の横展開を見据え、OEM の意見を取り込むことが可能となるような体制を再検討・再構築する。

#### (3) 多様化検討におけるタスクフォース

タスクフォースでは、2023 年度以降の横展開の推進に向けて、社会実装を目指す事業者間の共通理解を図ることを目的し、自動運転システム全体の一連のプロセスにおいて、自動運転車両が担うサービス・事業の類型化、サービス提供を考慮した ODD 設定プロセスを検討する他、ODD 設定以降のプロセス整理（安全設計ガイドやセーフティアセスメント）について議論する。

タスクフォースの組織体制は、自動運転システムの安全性向上に関して幅広い知見がある国立研究開発法人産業技術総合研究所横山利夫（本事業プロジェクトコーディネータ）を座長とし、車両 OEM、自動運行装置等提供者、運行事業者、安全評価に関する事業者、運行関連事業者等で構成される組織とする。なお、議論の活発化のため、一部議題では構成員を絞って議論を進める。

2022年度のタスクフォースでは、代表的なユースケースにおける役割分担・安全走行の考え方について議論し、安全評価手法について整理を行う。また、先行地域におけるODD設定の考え方、事業者ニーズを踏まえたモデル地区選定・整理について協議を行い、以下のアウトプットを得ることを目標とする。

- ①制度整備に向けた関係省庁等への提言
- ②セーフティアセスメントガイドライン（案）の選定（以下、SAガイドライン）
- ③サービス社会実装ガイドライン（仮称）としてのとりまとめ

また、日立地域の他に、新しい地域として混在空間でのモデル地域を選定した上で、モデル地域でのODD設定・車両開発や安全評価支援を行う。

#### (4) テーマ間連携

研究開発・社会実装計画に基づき、戦略的・機動的にプロジェクトを推進するため、プロジェクトコーディネータの下に各テーマの体制が整備されており、各テーマの実施内容の進捗管理、必要に応じて技術的事項を含む助言や指導、全体としての成果や課題の整理、関係省庁や自動走行ビジネス検討会への報告等を実施するものとされている。さらに、プロジェクトコーディネータの下に、プロジェクト推進委員会が設置、運営され、各テーマを連携させて、プロジェクトを推進することとされている。プロジェクト推進委員会に、テーマリーダーが参加する。

テーマ2事業の推進に向けて、特に連携の必要なテーマ1については、永平寺町におけるレベル4認証時のODD/ユースケース項目や遠隔監視の仕組み等、テーマ4においては、混在空間におけるインフラ連携の仕組みなどについて連携を図る。なお、テーマ3については、自動運転トラックのODD類型化やインフラ連携、事業プロセスなどを確認し、テーマ2の検討に活かしていく。

#### (5) 経済産業省担当課との連携・報告等

##### ① 定期的な進捗報告に関する事項

事業の進捗について、少なくとも2週間に1回、必ず経済産業省担当課に報告する。

また、その際、事業実施者は事業の進捗を説明することのできる資料を準備し、詳細な進捗を示したMicrosoft Word等、概要を示したMicrosoft PowerPoint等を準備する。

進捗報告の日程・体制については、経済産業省との契約締結後、速やかに日程案・体制案を作成し、経済産業省担当課と相談する。

##### ② 外部有識者等と実施する会合に関する事項

遅くとも会合の1週間前には、関係者との調整を終えた資料として外部有識者等に共

有する。

また、遅くとも会合の1ヶ月前には資料の方針について経済産業省担当課と議論し、遅くとも会合の2週間前には資料の素案について経済産業省担当課と相談する（令和4年4月に開催するものについては、必ずしもこの限りではない。）。

会合終了後、2営業日以内を目安に、議論のポイントをまとめた資料を、Microsoft Wordで経済産業省担当課に提出する。

### ③ 他テーマとの連携に関する事項

令和4年度「無人自動運転等のCASE対応に向けた実証・支援事業（自動運転レベル4等先進モビリティサービス研究開発・社会実証プロジェクト）」で実施される他のテーマとの連携が必要と思われる実施項目について、経済産業省との契約締結後、速やかに整理し、経済産業省担当課に報告する。

また、連携の進捗については、①においても報告する。

### ④ 資料の作成に関する事項

経済産業省担当課からの依頼に応じて、資料の作成を行う。ただし、本契約の内容に関する事項に限るものとする。

### ⑤ 報告書に関する事項

報告書については、項目毎に概要をまとめたMicrosoft PowerPointを作成する。

### 3. 業務項目

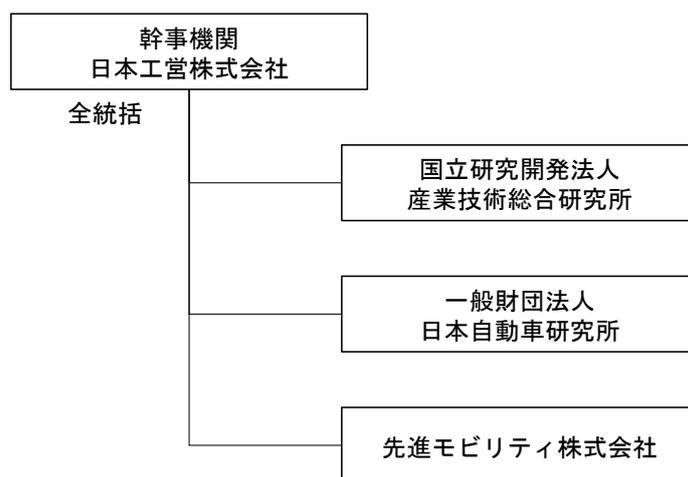
業務項目を下記に示す。

図 1 業務項目

項目	単位	数量	備考
1. 無人自動運転サービスのサービス内容、事業モデルの整理	式	1	
2. 走行環境、運行条件の整理、評価条件の整理・評価	式	1	
3. 車両、システムの開発	式	1	

#### 4. 実施体制（全体実施体制）

本事業は、日本工営が全体の取りまとめ役となり、高い知見や研究開発能力を持つ機関を主体とした共同提案の体制を組んで実施する。各事業内容が相互に深く関連し、連携が必要であることから、参加する全機関とのコンソーシアム形式とし、成果の最大化を目指す。以下に体制図を示す。



## 5. 事業報告書の構成

テーマ2の目標達成に向けて、早期かつ確実に実現していくために、自動運転システムの高度化と多様化の両輪で進めることができる検討体制を構築し、プロジェクトを推進したため、事業報告書は高度化編と多様化編でそれぞれ作成した。事業報告書の構成を以下に示す。

図2 事業報告書の構成

章の構成	業務項目との対応
序章	—
高度化編	
第1章 日立地域における高度化検討の概要	1. 無人自動運転サービスのサービス内容、事業モデルの整理
第2章 無人自動運転移動サービスの高度化を目指す実証実験	1. 無人自動運転サービスのサービス内容、事業モデルの整理
第3章 走行環境、運行条件の整理、評価条件の整理・評価	2. 走行環境、運行条件の整理、評価条件の整理・評価
第4章 車両開発	3. 車両、システムの開発
第5章 遠隔監視システムの開発	2. 走行環境、運行条件の整理、評価条件の整理・評価 3. 車両、システムの開発
第6章 走行環境整備の検討	2. 走行環境、運行条件の整理、評価条件の整理・評価
第7章 インフラ連携の仕組み検討	2. 走行環境、運行条件の整理、評価条件の整理・評価
第8章 事業モデルの検討	1. 無人自動運転サービスのサービス内容、事業モデルの整理
第9章 社会受容性の検討	1. 無人自動運転サービスのサービス内容、事業モデルの整理
多様化編	
第1章 多様化検討の概要	1. 無人自動運転サービスのサービス内容、事業モデルの整理
第2章 無人自動運転移動サービスの多様化検討	1. 無人自動運転サービスのサービス内容、事業モデルの整理
第3章 安全設計・評価ガイドブックの開発、日本版セーフティレポート等の検討	2. 走行環境、運行条件の整理、評価条件の整理・評価
第4章 車両開発	3. 車両、システムの開発
第5章 遠隔監視システムの多様化検討	3. 車両、システムの開発
第6章 インフラ連携の多様化検討	3. 車両、システムの開発
第7章 事業モデルの検討	1. 無人自動運転サービスのサービス内容、事業モデルの整理

## 高度化編

## 第1章 日立地域における高度化検討の概要

### 1.1. 高度化検討におけるモデル地域の選定

これまでに実施されている中型自動運転バスによる実証評価等を踏まえて、日立地域はルートの中に専用空間を含み、走行環境面からみても社会実装の可能性が高く、過年度からの実証実験等、地域関係者による取組が進んでいることから、2021年度より日立地域をモデル地域として選定している。

2021年度は、日立地域における地域関係者と高度化の議論を進め、2022年度は、2023年度以降のレベル4（2023年度は乗務員有のレベル4，2025年度は車内完全無人のレベル4を想定）の社会実装に向けて、テストコースでの安全評価試験やひたち BRT 専用区間での現地実証実験を実施する。

### 1.2. 日立地域における高度化検討の概要

ひたち BRT におけるレベル4の自動運転移動サービスの社会実装に向けて、地域関係者と一体となって、日立高度化検討会議を全17回実施し、自動運転での安全な走行方法や移動サービス等について検討を行った。

また、運行事業者が無人自動運転移動サービスを行う上で、今後検討が必要な項目とその要求仕様について、コア会議を通じて整理し、レベル4の社会実装に向けて、現状の車両開発状況、遠隔監視のシステム開発検討状況等を踏まえて、今年度の実証実験の実施内容、検証すべき項目を整理し、実証実験を計画した。

### 1.2.1. 全体計画（案）の立案（5か年のスケジュール）

ひたち BRT での無人自動運転移動サービスの社会実装の実現に向けて、2022 年度は現地実証実験、2023 年度は中間目標として、乗務員乗車での自動運転移動サービスの社会実装、2025 年度は最終目標として、無人自動運転移動サービスの社会実装を目指す。

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度
全般	<ul style="list-style-type: none"> <li>○2022年度現地実証実験に向けた取組</li> <li>・地元交通事業者等を含めた検討体制の構築</li> <li>・現地実証実験の実現に向けた行程管理</li> <li>・社会受容性の醸成に関する取組 等</li> </ul>	<b>現地実証実験（レベル2）</b> 2022/12/16-2023/2/28	<b>現地実証実験（技術・サービス・オペレーション）</b> ○社会実装に向けた地元交通事業者等との協議 ○実証実験を踏まえた課題等への対応 ○関連法規制への対応	<b>社会実装（中間目標）</b> ○2023年度の運行を踏まえた課題等への対応（車内完全無人への対応含む）	<b>社会実装（最終目標）</b> ○2025年度の運行を踏まえた課題等への対応
車両	<ul style="list-style-type: none"> <li>○現地実証実験に必要な車両改造</li> <li>・既存センサーの高性能化および新規センサー追加による車両性能向上の確認、障害物検知性能の向上、信号灯色認識性能の向上等</li> <li>・車両制御ECU化による信頼性向上</li> </ul>				
インフラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>○インフラによる情報提供の必要性検討</li> <li>○現地実証実験おける検証内容検討 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○インフラ協調に関するテーマ4連携（信号灯色認識等）</li> </ul>			
遠隔	<ul style="list-style-type: none"> <li>○運行実態に応じた、遠隔監視者が担うべき移動サービス時のタスクの洗い出しと対応手法の検討</li> <li>○遠隔システムの構築（テストコース→ひたちBRT）</li> </ul>				
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>○事業モデルに関する検討、タスクフォースへの対応 等</li> </ul>				

図 1-1 ひたち BRT での無人自動運転移動サービスの社会実装に向けた全体計画（案）

### 1.2.2. 自動運転移動サービス社会実装時の自動運転システム ODD（案）の検討

これまでの自動走行に係る検討結果を踏まえ、中間目標（2023 年度）、最終目標（2025 年度）時点での自動運転システムの ODD（走行条件、環境条件、道路条件・地理条件）を 2021 年度に検討した。本年度の実証実験はレベル 2 での走行となるが、2025 年度以降の社会実装を見据え、ODD の設定に向けた情報を整理した。

図 1-2 ひたち BRT での ODD（案）

条件種別	分類	内容
道路条件・地理条件	対象道路	ひたちBRT（おさかなセンター～大甕駅西口～多賀駅）の専用道区間
	走行経路	「南部図書館～河原子（BRT）」の間の上下線の経路
	走行区域	専用道区間には一般道との交差点あり
環境条件	時間的制約	照度 700ルクス以上の時間に限定
	天候による制約	降雨 雨量50mm/h以下 降雪 降雪がないこと 霧 視程80m以上 風 最大風速(10分間平均)17m/s以下(台風の定義)
	路面	積雪・凍結・陥没につき、運行前の事前チェックで手動運転バスが運休していないこと
走行条件	走行速度	走行速度40km/h以下 減速度 0.15G以内 停留所への進入速度 10km/h以下
	安全対策	車両や人に対して、停止または減速ができること 障害物に対して、停止ができること ODD逸脱時やシステム異常時に、安全に停止ができること
その他の条件	遠隔、保安	遠隔監視者の操作による停止ができること 事故や災害等、非常時の対応体制を確保すること

### 1.2.3. 日立地域における移動サービスに係る対応方針

2023年度は乗務員乗車となるため、基本的には乗務員が対応するが、出発時刻の判断や音声案内等は車両システムで対応し、必要に応じて遠隔監視者によるサポートを行うことで、乗務員の役割を軽減させる方針を整理した。

2025年度は車内無人化となるため、車両システム、遠隔システムでの対応を前提とし、必要に応じて現状の運用変更も視野に入れた検討を行う。

### 1.2.4. 次年度の検討スケジュール

ひたち BRT での無人自動運転移動サービスの社会実装の実現のため、5年間の検討スケジュールを2021年度に設定した。

今後の課題として、今年度の実証実験で明らかになった技術的課題等への対応を行っていくとともに、関連法規制への対応、関係省庁との調整、地元自治体や交通事業者等との協議調整を行っていく。

## 第2章 無人自動運転移動サービスの高度化を目指す実証実験

### 2.1. 高度化会議の実施

#### 2.1.1. 会議の位置付け

ひたち BRT におけるレベル 4 の自動運転移動サービスの社会実装に向けて、地域関係者と一体となって、自動運転での安全な走行方法、実証実験について検討を行った。

ひたち BRT での安全な走行方法、車両開発状況を踏まえ、実証実験で検証すべき項目を整理し、実証実験を計画した。

#### 2.1.2. 出席者

以下に示す役割分担で検討を行った。

表 2-1 役割分担

	組織名	役割分担
コンソーシアム	国立研究開発法人 産業技術総合研究所	遠隔システムの開発
	一般財団法人 日本自動車研究所	安全走行設計手法、性能評価
	先進モビリティ株式会社	車両開発
	日本工営株式会社	インフラ連携 サービス・事業性の視点 【事務局】
運行事業者 ※1	株式会社みちのりホールディングス 茨城交通株式会社	社会実装を見据えた運用・ 実現可能性の視点
事業者 施設管理者	日立市 都市政策課	

※1 運行事業者の2社は、「ひたち BRT」の運行を行っている会社。実証実験期間の内、1月26日～2月21日（1月は訓練期間）まで自動運転車両の運転および2月の体験試乗期間の車内案内等を行った。

### 2.1.3. 開催実績

役割分担で示した関係者と「日立高度化検討会議」を2週間に1回の定例会として全17回実施した。実施した会議の日時、議事、会議形態を以下に示す。

表 2-2 日立高度化検討会議の開催概要

回数	開催日	議事	開催方法
第1回	令和4年4月21日 9:00～11:00	(1) ここまでの振り返り (2) 今年度の進め方について ・高度化会議の今年度の成果と次年度以降の検討スケジュール ・日立高度化検討会議の進め方及び役割分担（案）	対面 WEB
第2回	令和4年5月17日 10:00～12:00	(1) 前回の振り返り (2) 作業細分化について (3) 事業モデルの検討について (4) 磁気マーカーの敷設について (5) その他 ・実証実験計画について ・MRM条件打ち合わせ及び関係法令打ち合わせの進捗状況 (6) 今後の予定	WEB
第3回	令和4年6月14日 10:00～12:00	(1) 前回の振り返り (2) 2022年度実証実験について (3) 事業モデルの検討について (4) 実装に向けての調整事項について (5) その他 ・運行に関するヒアリングについて	WEB
第4回	令和4年6月28日 10:00～12:00	(1) 2022年度実証実験について (2) 高度化検討会議の進め方について (3) 今年度実証実験の目的及び実施内容について (4) インフラ連携実施の目的について (5) スケジュールについて (6) その他 ・連絡会の設置および地域関係者への頭出しについて	WEB
第5回	令和4年7月12日 10:00～12:00	(1) 経済産業省からの趣旨説明 (2) 中長期的な目標設定、絵姿に関するヒアリング	対面 WEB
第6回	令和4年9月16日 10:00～12:00	(1) 今年度実証実験の実施に係る工程について (2) インフラ連携（バースト垂れ幕設置）の仕様案について (3) 今後の予定	対面 WEB
第7回	令和4年9月20日 10:00～12:00	(1) 今年度実証実験の実施に係る工程について (2) ひたちBRT高度化に向けた中長期目標の設定 (3) 今後の予定	WEB
第8回	令和4年10月4日 10:00～12:00	(1) ひたちBRT高度化に向けた実現方法、ステップについて (2) 今年度実証実験の実施に係る工程について (3) その他 ・国交省協議事項 (4) 今後の予定	WEB

回数	開催日	議事	開催方法
第9回	令和4年10月18日 10:00～12:00	(1) 実証実験の実施期間について (2) 実証実験のダイヤ調整について (3) 連絡会の実施について (4) 市広報及びプレスについて (5) 今後の予定	WEB
第10回	令和4年11月1日 10:00～12:00	(1) 実験計画書について (2) 連絡会の実施について (3) 市広報について (4) 今後の予定	WEB
第11回	令和4年11月29日 10:00～12:00	(1) 実験計画書および緊急対応方針について (2) 地域関係者へのお知らせについて (3) 今後の予定	WEB
第12回	令和4年12月13日 10:00～12:00	(1) 実証実験に関する検討状況 (2) 今後の予定	WEB
第13回	令和5年1月10日 10:00～12:00	(1) インフラ連携に関する検討状況について (2) 体験乗車及び関係者試乗について (3) その他 ・予約ページの公開日 ・連絡会の実施について ・日立高度化検討会議の実施予定について	WEB
第14回	令和5年1月24日 10:00～12:00	(1) インフラ連携に関する検討状況について (2) 検証項目のスケジュール変更について (3) 広報及び体験乗車について (4) 関係者試乗について (5) その他 ・車内HMIに関する検証について ・連絡会の実施について ・日立高度化検討会議の実施予定について	WEB
第15回	令和5年2月21日 10:00～12:00	(1) 実証実験の進捗について (2) 関係者試乗について (3) 体験乗車及びインタビューの実施について (4) VR実験コース実施について (5) その他 ・第3回連絡会の実施について	WEB
第16回	令和5年3月7日 10:00～12:00	(1) 実証実験の実施結果について (2) その他 ・第3回連絡会の実施について ・第17回日立高度化検討会議の実施について	対面 WEB
第17回	令和5年3月31日 9:30～11:00	(1) 実証実験の実施結果について	WEB

## 2.2. 無人自動運転移動サービス内容の見直しの検討

### 2.2.1. 会議の位置付け

ひたち BRT における自動運転サービスの社会実装に向けて、移動サービスとしての要求仕様と対応方法を検討するため、運行事業者を主体として「コア会議」を実施した。

### 2.2.2. 出席者

以下に示す出席者で検討を行った。

表 2-3 出席者

	組織名
コンソーシアム	国立研究開発法人 産業技術総合研究所
	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
	日本工営株式会社
運行事業者	株式会社みちのりホールディングス
	茨城交通株式会社

### 2.2.3. 開催実績

出席者で示した関係者と「コア会議」を全 3 回実施した。実施した会議の日時、議事、会議形態、を以下に示す。

表 2-4 コア会議の開催概要

回数	開催日	議事	開催方法
第 1 回	令和 4 年 7 月 21 日 12:00~15:00	(1) 打ち合わせ項目について (2) 走行時間について (3) 走行可能時間帯について (4) 輸送量について (5) 今後の進め方について	対面 WEB
第 2 回	令和 4 年 8 月 3 日 13:00~16:00	(1) 前回のラップアップ (2) 異常時における対応方針・優先度の検討 (3) その他 ・警察への説明の頭出し資料について	対面 WEB
第 3 回	令和 4 年 9 月 7 日 13:00~15:30	(1) 進め方の全体像 (2) コア会議進捗の振り返り (3) 運行に関するヒアリング (4) 異常時の対応方針に関するヒアリング (5) 異常時の対応方針 (6) 今後の進め方	WEB

## 2.2.4. 無人自動運転移動サービスの要求仕様

運行事業者が無人自動運転移動サービスを運行する上で、今後検討が必要な項目とその要求仕様について、コア会議を通じて整理した。無人自動運転移動サービスにおいても、現行の手動運行と同等のサービスを維持する上で、現行と同等の時間で走行が可能であること、輸送量の確保が重要であることから、今年度検討を実施した。走行区間時分については、後述の検証項目に設定し、実証実験にて検証した。以下に検討事項と要求仕様の一覧を示す。

なお、乗客対応や異常時の対応については次年度以降、運行事業者のヒアリングを元に要求仕様を設定し、道路交通法及び道路運送車両法等の法改正の動向を踏まえ方針を決定する必要がある。

### (1) ひたち BRT における自動運転サービスの要求仕様の設定

自動運転サービスを社会実装するためには自動運転車両の導入だけでなく、運行サービス全体を整理し、再構築する必要がある。そのため現在のバス運行サービスフローを整理し、サービスの実現に必要な要求機能を整理することが社会実装において必要になる。整理された要求仕様を車両だけでなく、自動運転サービスシステムのどの部分が担うのかを整理するとともに、現場運用を変更する点を整理することを目指す。

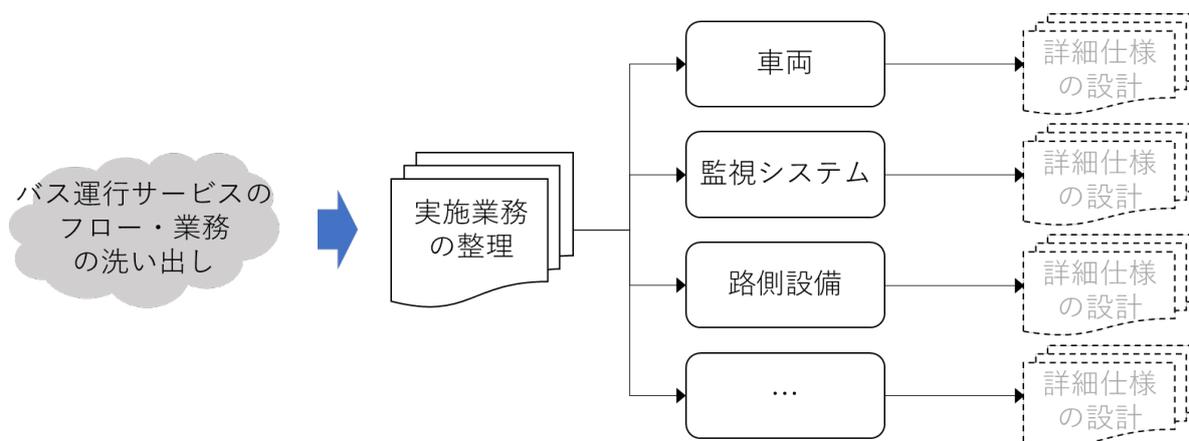


図 2-1 要求仕様整理の考え方

1) バス運行サービスのバリューチェーン（業務の流れの整理）

バス運行サービスでは、乗客が利用するサービス提供時にだけでなく、運行前後の車両点検や乗務点呼などの関連業務、定期的な車両点検と整備、また走行ルートや車両・車庫等の設備準備などの設備設計など一連の業務から成り立っている。（下図参照）これらのバリューチェーンに沿って、自動運転車両へと転換する際に影響を受ける業務を特定し、それぞれの業務においてどのような影響を受けるのか以下で詳細を検討・整理する。

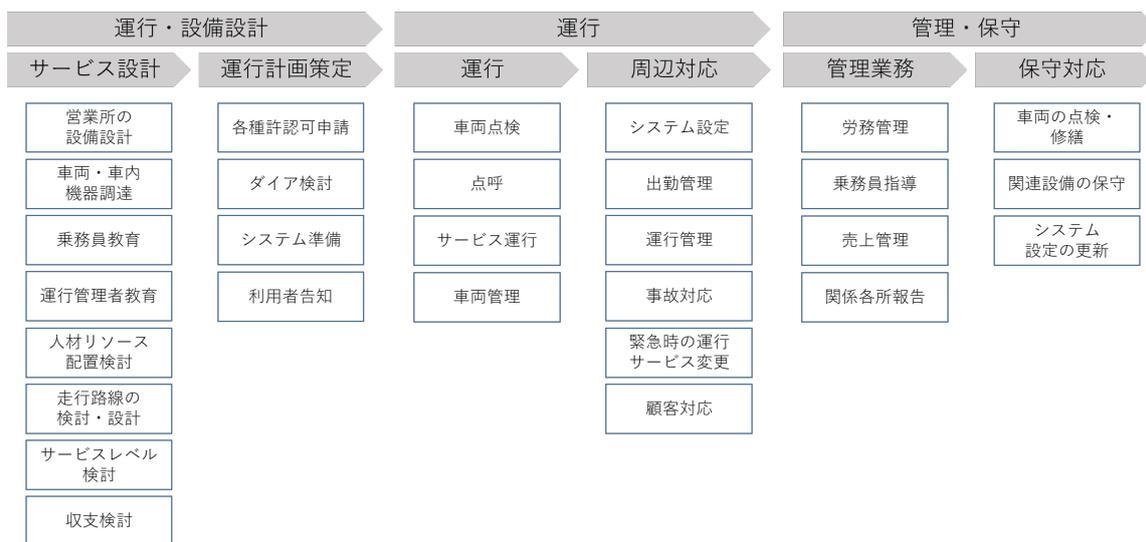


図 2-2 バス運行サービスのバリューチェーン

図 2-2 図 2-2 バス運行サービスのバリューチェーンのバリューチェーンにて整理した各項目にて実施する業務の概要は以下の通り。

表 2-5 運行・設備設計（サービス設計）の概要

項目	概要
営業所の設備設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>サービス提供をする営業所、折り返し時などの待機場所の選定</li> <li>各場所に求められる設備の検討（ex.駐車スペース、車両整備、建屋、燃料供給設備など）</li> </ul>
車両・車内機器調達	<ul style="list-style-type: none"> <li>調達する車両のスペック検討（新車／中古車、座席配置、冷暖等機器など）</li> <li>運賃箱、案内機器等の車内機器の仕様検討</li> </ul>
乗務員教育	<ul style="list-style-type: none"> <li>乗務員への乗務教育（接遇研修、運行時の車内機器操作、規定類などの机上研修など）</li> <li>走行路線の運転研修（運行基準図等での机上研修、同乗研修など）</li> <li>2種免許を持たない運転手の取得支援</li> </ul>
運行管理者教育	<ul style="list-style-type: none"> <li>運行管理実務教育</li> <li>各営業所でのOJT</li> </ul>
人材リソース配置検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要な人材（運転手、運行管理者、事務員）の採用</li> <li>営業所への必要人材の配置計画の検討</li> </ul>
走行路線の検討・設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>走行ルート of 検討（机上検討、実車走行）</li> <li>関係各所との事前調整（警察、道路管理者、自治体など）</li> <li>運賃設定</li> </ul>
サービスレベル検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>運行本数・運行時間帯の検討</li> <li>必要車両数の検討、必要人員数の検討</li> </ul>
収支検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>運賃収入の予測、運行コストの試算</li> </ul>

表 2-6 運行・設備設計（運行計画策定）の概要

項目	概要
各種許認可申請	<ul style="list-style-type: none"> <li>各種申請（道路占有・使用許可、路線の許認可申請）</li> </ul>
ダイヤ検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>運行ダイヤの策定</li> <li>交番（運転手・車両の勤務シフト）の検討</li> <li>時刻表の策定</li> </ul>
システム準備	<ul style="list-style-type: none"> <li>運行関連システム（IC・運賃箱、車内放送、車内案内、バスロケ等）の設定</li> <li>運行データ（GTFS）の策定</li> </ul>
利用者告知	<ul style="list-style-type: none"> <li>WEB ページ、乗り換え検索データの更新</li> <li>バス停等への掲示、時刻表の印刷・配布</li> </ul>

表 2-7 運行（運行）の概要

項目	概要
車両点検	・ 運行前の車両点検（車内外）
点呼	・ 出勤時の体調確認、運行時の注意点伝達、法令順守（免許携帯、アルコール確認、勤務時間確認等）
サービス運行	・ 運転業務、顧客接遇、忘れ物確認、車内システム設定、売上金回収、乗務日誌記入など
車両管理	・ 車内清掃、掲示物の更新、給油

表 2-8 運行（周辺対応）の概要

項目	概要
システム設定	・ 日々の運行データの設定（車両と交番の紐づけなど） ・ 日時データの記録（勤務システムなど）
出勤管理	・ 乗務員・車両の勤務割り付け、出勤調整 ・ 労務管理（勤務時間管理など）
運行管理	・ 乗務員への運行指示など
事故対応	・ 運休対応、代車対応、勤務変更など ・ 利用者対応 ・ 事故報告（警察・支局等）
緊急時の運行サービス変更	・ イベント等でのルート変更・運休対応（お知らせ作成、掲示など） ・ 車両故障対応（代車対応） ・ 天候不順等での運休対応（お知らせ掲示、問い合わせ対応など）
顧客対応	・ 販売対応（定期、返金対応等） ・ 苦情受付・問い合わせ対応（忘れ物など）

表 2-9 管理・保守（管理業務）の概要

項目	概要
労務管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 勤務時間管理（2日、1週間、1か月単位での管理）</li> <li>・ 給与計算</li> </ul>
乗務員指導	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運転指導（ヒヤリハットの共有等）</li> <li>・ 接遇指導</li> </ul>
売上管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 売上金の確認・入金</li> <li>・ 利用分析（乗車人数、路線収支など）</li> </ul>
関係各所報告	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 乗車数・売上等の報告（自治体・支局など）</li> </ul>

表 2-10 管理・保守（保守対応）の概要

項目	概要
車両の点検・修繕	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 定期点検・法定点検・車検対応</li> <li>・ 定期修繕・緊急修繕</li> <li>・ 車内機器設置</li> </ul>
関連設備の保守	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ バス停・サイネージ等の点検・保守</li> <li>・ BRT 設備（バーゲート、信号等）の点検・保守</li> <li>・ 専用道の点検・保守</li> </ul>
システム設定の更新	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運行システム関連データ（バスロケ、GTFS 等）の更新</li> <li>・ 車内システムのデータ更新</li> </ul>

2) 自動運転サービスを想定したサービスの要求仕様の概要

前項にて整理した各項目に対して、自動運転サービスへの転換を想定した際に対応が必要になる視点や対応項目の概要を下表のとおり整理した。本整理では、プロジェクト全体で目指すレベル 4/車内無人を想定した視点を洗い出している。ただし各検討要素の詳細は、自動運転サービスの運行形態や導入台数、路線数などの規模に応じて対応項目や要否が異なるため、想定されるシーンごとに次年度以降での整理が必要となる。

表 2-11 運行・設備設計（サービス設計）の留意点

項目	検討すべき項目
営業所の設備設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 安定的な遠隔監視のための設備設計（通信回線の設計、継続的な電源供給設備の確保）</li> <li>・ 遠隔監視システムのバックアップ設備保有</li> <li>・ 自動運転車両専用の駐車場所設計</li> <li>・ 自動運転車両の保守・整備に対応した車両整備施設の準備</li> <li>・ 路線途中での専用の待機・折り返し場所の設定</li> </ul>
車両・車内機器調達	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 機器仕様の統一/同一仕様の機器の備品保管</li> <li>・ 代車準備数の検討</li> <li>・ 停留所の乗車方法の改善</li> </ul>
乗務員教育	—
運行管理者教育	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 遠隔監視装置の機器操作習得</li> <li>・ 遠隔での乗客対応訓練（車内接遇・避難誘導等）</li> </ul>
人材リソース配置検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 非常時の即応対応レベルに合わせた人員配置</li> <li>・ 運行路線上への人の配置（緊急時の駆けつけ対応要員の配置）</li> </ul>
走行路線の検討・設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 緊急時の迂回ルート of 事前洗い出し・迂回ルートの走行準備</li> </ul>
サービスレベル検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車両の完成度に応じた走行時分・運行本数検討</li> <li>・ 路線全体での運行バックアッププランの検討（システム全体での不具合時の対応方針検討）</li> </ul>
収支検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設備の所有スキームの検討（上下分離など）</li> <li>・ システム全体の安定的な稼働率の推計と試算への反映</li> <li>・ 経済的耐用年数の見直し（仕様の異なる車両・設備の混在可否、更新スキームの検討）</li> </ul>

表 2-12 運行・設備設計（運行計画策定）の留意点

項目	検討すべき項目
各種許認可申請	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運送約款の改定許諾（運賃収受方法の変更などを想定）</li> <li>・ 法制度面での適合性確認（運行管理者配置数の考え方など）</li> </ul>
ダイヤ検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ダイヤ編成システムと自動運転の走行管理システムの連携</li> <li>・ 車両交番の策定（設備効率性／負荷平準化を重視した車両運用交番の策定）</li> </ul>
システム準備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自動運転システムと連携可能な機器選定</li> </ul>
利用者告知	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 乗車ルールの通知方法の検討（乗車時の呼び出しや料金収受など）</li> <li>・ 即時性の高い運行状況の共有</li> </ul>

表 2-13 運行（運行）の留意点

項目	検討すべき項目
車両点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自動運転システムの稼働状態確認のフロー整理</li> <li>・ 目視での確認事項の整理（センサー類の物理的な障害有無など）</li> <li>・ 車内設備の動作確認</li> </ul>
点呼	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 遠隔監視者の体調管理手法の設計</li> <li>・ 監視者間での業務引継ぎ事項・方法の設計</li> <li>・ 車両以外のシステム（地上施設など）の稼働状況確認</li> </ul>
サービス運行	（コンソ全体で詳細検討をしているため省略）
車両管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃油（電気）の供給方法・供給場所等の検討</li> </ul>

表 2-14 運行（周辺対応）の留意点

項目	検討すべき項目
システム設定	－（既存業務との差分がないため省略）
出勤管理	－
運行管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 遅延車両発生時の他の車両の運行調整</li> </ul>
事故対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 遠隔からの事故対応フローの設計（乗客誘導方法の整理、各所への通報などの対応、代車手配、車両撤去運転手の手配など）</li> <li>・ 路線・エリア全体での運行継続判断フローの設計（事故原因の初期分析、影響切り分け判断）</li> <li>・ 他車両の運行調整業務フローの設計</li> </ul>
緊急時の運行サービス変更	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ サービス変更フローの設計（迂回路への切り替え、区間運休などの設定変更業務）</li> </ul>
顧客対応	－（既存業務との差分がないため省略）

表 2-15 管理・保守（管理業務）の留意点

項目	検討すべき項目
労務管理	・ 服務規程等の給与計算ルールの見直し・改定
乗務員指導	－
売上管理	－（簡素化されるため省略）
関係各所報告	－（既存業務との差分がないため省略）

表 2-16 管理・保守（保守対応）の留意点

項目	検討すべき項目
車両の点検・修繕	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ センサーや車内監視システムなどの自動運転車両に特異な機器類の点検・修繕フローの整理</li> <li>・ トラブル発生時の運行継続判断基準の作成</li> </ul>
関連設備の保守	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地上側設備の保守対応業務の設計</li> <li>・ バス停・サイネージと自動運転システムとの連携</li> <li>・ 専用道路の設備管理方法の検討（付帯設備資産管理、稼働上状況の把握など）</li> </ul>
システム設定の更新	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自動運転車両の走行挙動（加減速など）の修正フローの設計</li> </ul>

### 3) 想定する自動運転サービスのシステム構成

整理した要件を自動運転サービスにて対応するためには、自動運転車両単体ではなく周辺のシステムを含めて担うべき役割の整理が必要になる。本検討では自動運転サービスを行う際に想定するシステム構成は以下のように自動運転車両周辺のシステム、地上側システム、運行管制システムの3つが連携する構成を想定する。

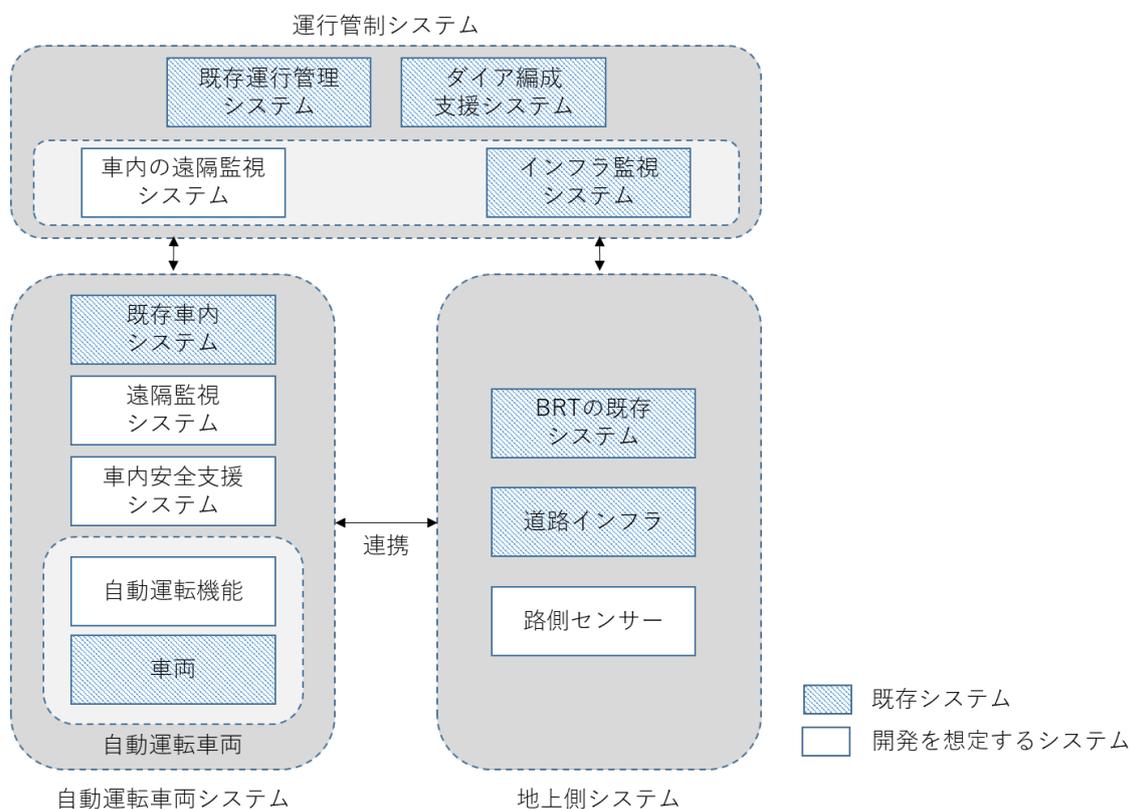


図 2-3 自動運転サービスに関連する想定システム構成

想定するシステム構成においては、既存のバス事業において提供されているシステムとの連携を想定している。具体的には自動運転車両では既存車内システムとして、行先表示機や音声合成装置などがある。例えば安全対策としては、車内安全支援システムにて立ち客の検知をすれば、車内の音声合成装置から自動でアナウンスをするなどの連携が想定される。

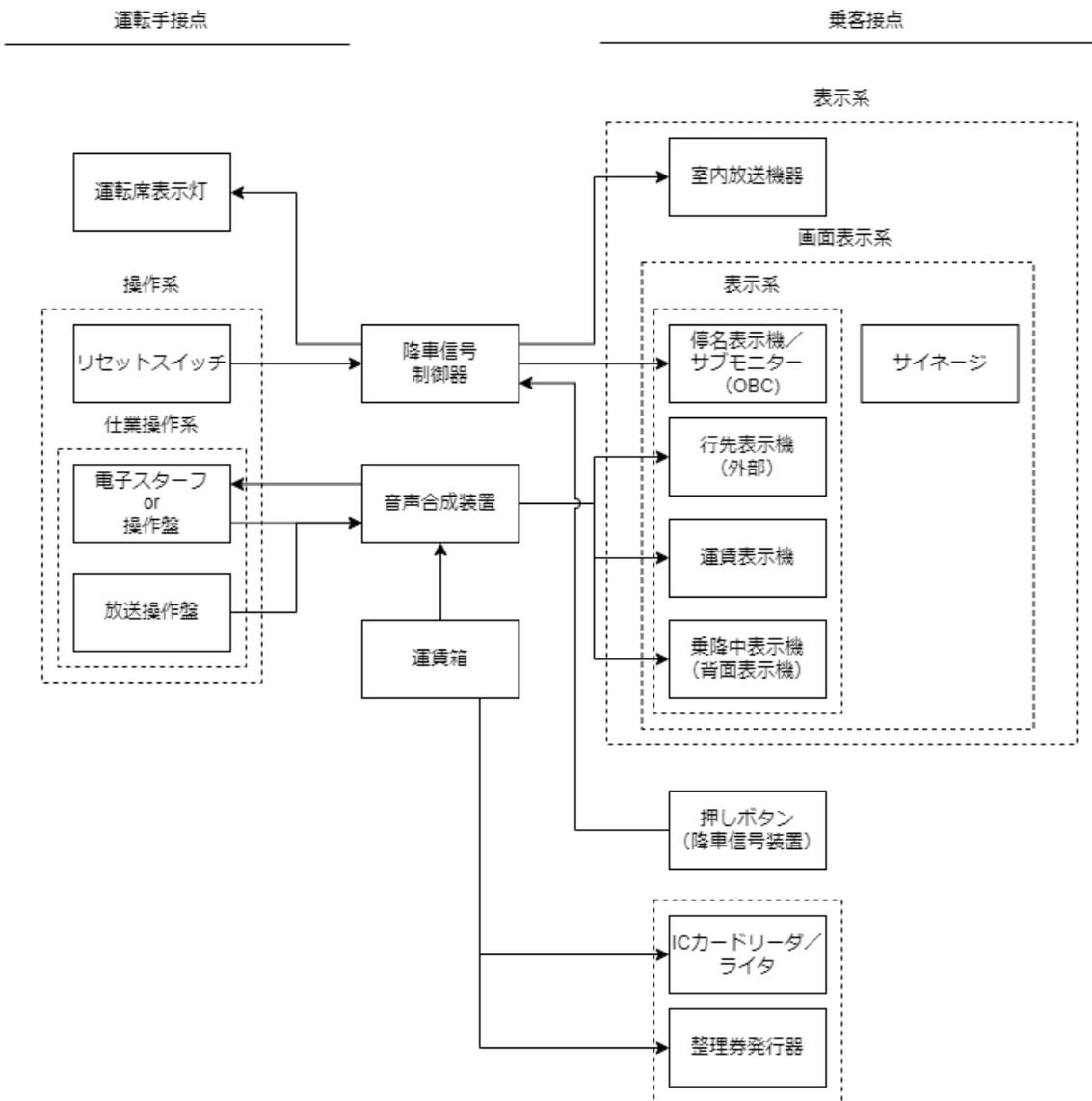


図 2-4 既存のバス車内のシステム構成例

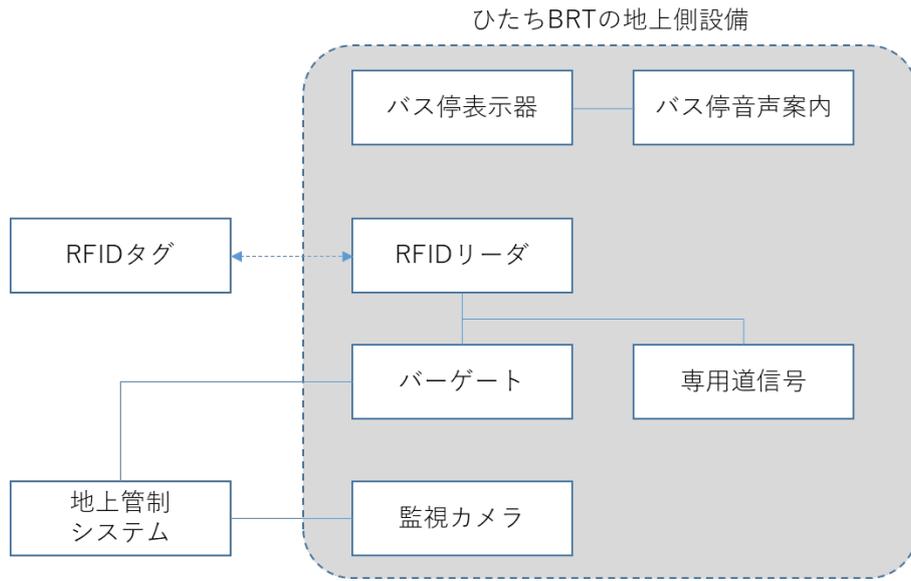


図 2-5 ひたち BRT における地上設備構成

(2) 想定されるシステム機能を踏まえた運行サービスのあり方検討

前章にて整理した無人自動運転サービス化に向けて想定される遠隔監視者の役割分担（(1).2）や自動運転車両のシステム機能（(1).3）に沿って、整理した検討視点の内、システムにて対応が必要になることが見込まれるものを以下表に素案として整理した。なお本検討では、技術面における開発難易度、開発コスト、受益性などの詳細検討は行っておらず、本結果に沿って次年度以降に詳細検討を行うことを想定している。

表 2-17 検討すべき視点とシステムの役割分担想定

項目		検討すべき項目
運行 管制 シ ス テ ム	車内遠隔監視システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔からの事故対応フローの設計（乗客誘導方法の整理、各所への通報などの対応、代車手配、車両撤去運転手の手配など）</li> <li>遠隔監視者の体調管理手法の設計</li> </ul>
	インフラ監視システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両以外のシステム（地上施設など）の稼働状況確認</li> </ul>
	既存運行管理システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>監視者間での業務引継ぎ事項・方法の設計</li> <li>路線・エリア全体での運行継続判断フローの設計（事故原因の初期分析、影響切り分け判断）</li> <li>遅延車両発生時の他の車両の運行調整</li> <li>トラブル発生時の運行継続判断基準の作成</li> <li>専用道路の設備管理方法の検討（付帯設備資産管理、稼働上状況の把握など）</li> </ul>
	ダイヤ編成支援システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動運転車両の走行挙動（加減速など）の修正フローの設計</li> <li>ダイヤ編成システムと自動運転の走行管理システムの連携</li> <li>車両交番の策定（設備効率性／負荷平準化を重視した車両運用交番の策定）</li> <li>緊急時の迂回ルートの手前洗い出し・迂回ルートの走行準備</li> </ul>
地 上 側 シ ス テ ム	路側センサー	—
	道路インフラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>専用道路の設備管理方法の検討（付帯設備資産管理、稼働上状況の把握など）</li> </ul>
	BRTの既存システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>バス停・サイネージと自動運転システムとの連携</li> </ul>
自 動 運 転 車 両 シ ス テ ム	遠隔監視システム	—
	車内安全支援システム	—
	自動運転機能	—
	車両	—
	既存車内システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>即時性の高い運行状況の共有</li> <li>自動運転システムと連携可能な機器選定</li> </ul>

※上表のシステム名称（項目）は図 2-3 自動運転サービスに関連する想定システム構成エラー! 参照元が見つかりません。から抜粋

前項目で整理した要求仕様に対してシステムでは対応が難しい、ないし現時点で実現において過剰なコストが掛かるなどの要求仕様については、今後別途サービス形態の変更や運用により要求仕様を満たすことについての検討も必要になる。そこで要求仕様に対して変更が求められる項目を特定、想定される変更点を具体化し、それらの変化が社会的に受容されうるのかを今後の実証を通して検証するが、技術的に解決不可能な課題ではないため、適切な技術的解決方法が見つければそれらを適用することも今後検討する。

参考までに今年度実施したコア会議での検討結果で整理した、検討事項、要求仕様を次ページ表に示す。

表 2-18 検討事項と要求仕様の一覧

■コア会議の検討事項整理

項目	コア会議での検討結果	要求仕様 =長期目標	主担当	副担当
<b>走行区間時分</b>				
走行合計時間（下記項目の合計値）	・自動運転車走行に係る区間時分を整理 ・制限速度は40km/h ・許容できる遅れは10分、現状8分45秒、2022年度実証目標5分45秒、長期目標5分31秒	・制限速度40km/h ・手動走行と比較して許容できる遅れは10分	先進モビリティ	
単路部の走行	・歩行者や障害物の影響がなければ手動走行と同等程度の所要時間で走行可能。	・手動走行と比較して+0秒	先進モビリティ	
バースト通過(11箇所)	・現状、安全確認のため一旦停止が必要であるが、将来的には徐行で走行させたい。	・手動走行と比較して+5秒/箇所	先進モビリティ	日本工営
交差点の通過(11箇所)	・再発進時と交差点進入時は手動走行と同等にはならない。	・手動走行と比較して+10秒/箇所	先進モビリティ	日本工営
交差点(信号なし)の通過(2か所)				
BRT信号通過(13箇所)	・ずれ違い時も手動走行と同等にはならない。	・手動走行と比較して+5秒/箇所	先進モビリティ	
大壺駅構内走行	・大壺駅構内は一般車両により通行が阻害される可能性がある。	・手動走行と比較して+20秒	先進モビリティ	
臨海西工場の橋梁部の走行	・2020年度は手動走行と比較して倍程度かかった。	・手動走行と比較して+15秒	先進モビリティ	
緑の横断帯箇所の走行(5箇所:バス停部分除く)	・泉が森手前、大壺～向かって寺方の奥の2か所は一旦停止予定。 ・寺方の方は特に危険度が高い。大沼小壺バス停の手前も歩行者確認しづらいが、手前の信号で減速しているため安全確保が可能。	・手動走行と比較して+10秒/箇所	先進モビリティ	
速度回復	・自動運転の場合は速度回復ができないため遅れが蓄積する可能性がある。	・手動走行と比較して+60秒/全区間	先進モビリティ	
乗降時間	・乗降自体は差はない。降車時の運賃収受の運用を含め検討が必要。	・手動走行と比較して±0秒/箇所	先進モビリティ	
出発/再発進時の周囲の確認時間	・再発進に係る時間が蓄積する可能性あり ・車内の安全確認基準が不明瞭であるため継続議論が必要		先進モビリティ	
停車時間(折り返し)	・折り返し時間は遅延の吸収に使用。自動運転でも手動走行と変わらない。	・遅延を吸収できる折返し時間を確保	先進モビリティ	
リカバリーの時間(トラブルからの復帰時間)	・トラブルからのリカバリー時間は事業性検討において課題	・現行と同程度のリカバリー時間を実現	先進モビリティ	
<b>輸送力</b>				
輸送力	・朝のピーク時の輸送量確保が課題。立ち席、車両サイズの検討が必要。	・ピーク時間帯(多賀駅7:11発~7:41発)5分間隔運行 ・50人/台(現状の大型車) ⇒ピーク時間帯(7時台)輸送力 50人/台×9台/h=450人/h	日本工営	みちのりHD 茨城交通 先進モビリティ
車両種別(大型/中型)	・現状の本数のまま中型車とした場合、輸送力が不足	・大型車で5分ピッチでの運行 ・中型車で3分ピッチ相当の運行	日本工営	みちのりHD 茨城交通 先進モビリティ
ダイヤ (走行時間と関連)	【走行可能時間帯】 ・現状は日没まで(時期・天候により変化) ・今年度、夜間の信号認識精度を検証 ・街灯近くの信号認識が課題 【鉄道との接続】 ・定刻の発車が基本であるが、見える範囲に乗客がいた場合は乗車できるような1分程度を上限に対応	・昼間、夜間も含め終日運行	茨城交通	先進モビリティ
<b>乗客対応</b>				
車内安全	・最重要検討項目 ・運転手の案内(発車、つり革・手すりの案内、カーブ時の注意、着席確認)が重要 ・急加速、急減速はしていない ・車内事故時は警察が必要に応じてドラレコを確認(言いがかり、喧嘩等) ・車内救護は通報システムがあれば現行と同等の安全性を確保できる	・現行と同等の安全性を確保	産総研	
立ち席の実現	・現状は立ち席を含め満車に近い容量で運行している	・立ち席有	先進モビリティ 産総研	
<b>乗降方法</b>				
バス停での待ち客の認識方法	・現状バス停での待ち客の有無の判断は自動運転車両では難しい。(歩行者と区別がつかない) ・今年度はすべてのバス停で停車、両扉を開けるが、将来的には手動走行と同様、待ち客有りの時のみ停車し、中扉を開けるようにしたい。	・バス停に待ち客有りの時のみ停車し、中扉を開ける	先進モビリティ	産総研
車内降車客の有無の認識方法	・バス停への到着直前に降車ボタンを押した場合停車できるのか、降車の判断をどうするか等整理が必要	・降車客の有無を車両が判断し、降車客有の場合停車し、前扉を開ける	先進モビリティ	
バリアフリー対応	・社会的受容性の問題なので、国交省検討会でどう議論になるかを注視する必要がある。 ・現状、ひたちBRT特有の対応等はない。 ・運輸標準約款の変更で自動運転バスに限り車いす対応の回避が可能か等を含め、国交省に確認が必要	・基本的には現状と同様に車いすも乗車可能とする	茨城交通	
<b>車内トラブル</b>				
降ろしこない	・運行終了後の降ろし忘れは重大事故につながる可能性がある ・降ろし忘れは送り届ける、未成年の場合は保護者へ連絡 ・事件性がある場合のみ支局への報告義務が発生する ・降車する乗客を降ろさずバス停を通過してしまった場合は次のバス停で停車。支局への報告はしない。 ・クレームがあった場合のみドラレコ確認	・乗客有無の確認を確実に実施(降ろし忘れ対策)	産総研	茨城交通
乗せそこない	・現状は運転手が判断。 ・高齢者等挙動が遅い場合も見守るのみで特別な対応はしない		産総研	茨城交通 先進モビリティ
忘れ物	・路線端部の車内点検で確認 ・自動運転車の場合も同様の対応		産総研	茨城交通
乗客の喧嘩	・乗客同士の喧嘩は、警察を呼んで当事者同士で解決 ・自動運転車の場合は通報システムで対応	・乗客有無の確認を確実に実施(降ろし忘れ対策)	産総研	茨城交通
乗車拒否項目	・車いす使用者、マスク未着用等は、約款に明記しないと乗車拒否は出来ない ・約款の改正には、国交省の認可が必要	・車いす使用者、マスク未着用者であれども乗車拒否はしない	茨城交通	
運賃収受	・運賃不払いはいはほとんどない。あってもあえて追跡しない。 ・障害者対応・現金扱い有無・約款の改正有無も含めて検討		茨城交通	
<b>異常時の対応(システム対応)</b>				
車両システムでの運行可否の判断	※コア会議での議論無し		先進モビリティ	
車外の落下物検知時	・現状、落下物等は運転手が対応		先進モビリティ	
車外の事故時(バスが関与している場合)	・ドラレコ映像を警察に提供 ・事故発生に関して刑事裁判となった事例は無い		先進モビリティ	
車外の事故時(バスが関与していない場合)	・車外の救護義務について、社内ルールはなし。社会通念上必要と考えられる範囲で対応。		先進モビリティ	
緊急車両通行時	・BRT走行路は緊急車両の通行可能であるが実績なし		先進モビリティ	
<b>異常時の対応(オペレーション対応=システム対応できないもの)</b>				
運行管理者による運行可否の判断	※コア会議での議論無し		茨城交通	
車外への落下物対応	・落下物等は運転手が対応		茨城交通	
車外の事故(バスが関与している場合)	・ドラレコ映像を警察に提供 ・事故発生に関して刑事裁判となった事例は無い		茨城交通	
車外の事故(バスが関与していない場合)	・車外の救護義務について、社内ルールはなし。社会通念上必要と考えられる範囲で対応。		茨城交通	
緊急車両との連携	・BRT走行路は緊急車両の通行可能であるが実績なし		茨城交通	
到着遅延	※コア会議での議論無し		茨城交通	
<b>運行体制構築</b>				
運転手育成	※コア会議での議論無し	・安全に自動運転車両を運行する運転手、保安員の育成	茨城交通	
予備車の確保	・BRT専属9台、ディーゼル車で10台に1台が予備車 ・自動運転車も10台に1台の予備車で対応可能	・年稼働率:330日	茨城交通	
メンテナンス	○現状 ・1か月1回、3か月1回に加え車検 ・故障頻度は車齢や個体差があるので一概に評価できない	・自動運転車は1か月1回点検で連続稼働 ・茨交整備士も整備対応可能 ・システムは常にモニタリング	車両:先進モビリティ 遠隔システム:産総研	
車両故障対応	・路上故障は運輸支局へ報告 ・BRT走行路上で故障した場合、迂回は想定していない。これまで事例なし。整備士もしくはレッカー対応	・車両故障発生時には、整備士もしくはレッカー車を手配	車両:先進モビリティ 遠隔システム:産総研	
任意保険、自賠責	・基本は自賠責でカバーし、プラスαの補償について検討	-	車両:先進モビリティ	

## 2.2.5. 輸送力の検討

今年度実証実験で用いている車両は、中型（いすゞエルガミオを改造）であるため、ひたち BRT の実路線において採用する場合には、輸送力が不足する可能性がある。本項目では、路線バスのサイズ（小型・中型・大型）を比較しながら、ひたち BRT で要求される輸送力と実装時の可能性を検討した。

我が国の各地で用いられているバスのサイズ別諸元は下表のとおりである。

表 2-19 車両サイズ別諸元

項目	小型	中型	大型
車両の例	ポンチョ、リエッセ、J6等	エルガミオ、レインボー	エルガ、ブルーリボン
外形寸法(mm)	幅 : 2,080 長さ : 6,290~7,730 高さ : 2,820~3,100	幅 : 2,300~2,340 長さ : 8,990 高さ : 3,035~3,045	幅 : 2,300~2,490 長さ : 8,990~11,990 高さ : 3,045~3,535
空車重量(kg)	4,100~5,140	7,340~8,010	7,940~13,870
定員(人)	座席 : 10~32 立席 : 10~24	座席 : 24~37 立席 : 0~36	座席 : 24~49 立席 : 0~57
最小回転半径(m)	5.6~7.7	7.4~7.6	8.3~9.8
実証実験での使用実績 <sup>*1</sup>	32箇所	14箇所	6箇所
必要幅員	幅員の狭い道路で走行可能 双方向通行 : 4.7m	双方向通行 : 5.1~5.2m	双方向通行 : 5.1m~5.5m
需要対応の特性	小規模需要に対応	地方部全般、 都市部の中規模需要に対応	都市部ピーク時需要に対応

一般的に、輸送力は以下の計算式で定義される。

$$\text{輸送力} = \text{車両定員 (人/台)} \times \text{運行本数 (台/時間)}$$

実験車両のエルガミオの定員は座席 28 人（内 1 人は乗務員のため、乗客数は 27 人）、立席 0 人である。

一般的には、運行本数は検討対象路線の 1 時間当たりの運行本数を用いる事が多いが、ひたち BRT 路線の需要特性として、常陸多賀駅から臨海西工場方面の通勤需要が集中し、この需要に対応するための輸送力を確保する必要があるため、朝 7 時 10 分から 40 分までの 30 分間、5 分間隔で 7 本運行している。他の時間帯は、行先を大甕駅西口とおさかなセンターが組み合わせられて、概ね 1 時間に 2 本の運行が行われている。

ひたち BRT で必要とする輸送力は、1 時間当たりでは無く、朝 30 分間で比較する事が現実的である。

ひたち BRT の輸送力は、実験車両を用いた場合 189 人/30 分、実績としての BRT 路線（大型車両で立席あり、実績値として 50 人/台）は 350 人/30 分となるため、実験車両 ÷ 実績車両の割合は、54%である。

a. 実験車両を用いた輸送力

= 車両定員 (27 人/台) × 運行本数 (7 台/30 分) = 189 (人/30 分)

従来の大型車を用いた輸送力

b. = 車両定員 (50 人/台、立席ありでの実績) × 運行本数 (7 台/30 分) = 350 (人/30 分)

a. /b. (比率) = 54% (1.85 分の 1)

30 分当たりの輸送力を現行大型バス並みに確保する場合を試算する。

輸送力が 54% となる場合、これを運行本数増で賄うためには運行本数を 1.85 倍とする必要があり、現行の 7 台/30 分から 12 台/30 分 (概ね 3 分間隔) が必要となる。

a. 車両定員 (27 人/台) × 運行本数 (12 台/30 分) = 324 (人/30 分)

b. 車両定員 (50 人/台、立席ありでの実績) × 運行本数 (7 台/30 分) = 350 (人/30 分)

a. ÷ b. と考える。

30 分間で 12 台運行するためには、概ね 3 分間隔での運行になる。

概ね 3 分間隔での運行を行う場合には、反対方向から来る既存バスとのすれ違いが行えるかどうかの検討が必要である。ダイヤグラム上では、河原子 BRT と磯坪間、および大沼小学校東と寺方間で 5 分間隔のダイヤでは存在しなかった新たなすれ違いが生じる可能性があることが分かった。(図 2- 3 分間隔とした運転ダイヤ (朝時間帯) 参照)

ひたち BRT の現行運転時刻表（運行本数等）は、下図表のとおりである。

ひたちBRT 久慈・大宮方面から多賀方面行き時刻表（平日）												ひたちBRT 多賀方面から大宮・久慈方面行き時刻表（平日）												J R時刻表（平日）			
1:51	2:01	2:11	2:21	2:31	2:41	2:51	3:01	3:11	3:21	3:31	3:41	4:01	4:11	4:21	4:31	4:41	4:51	5:01	5:11	5:21	5:31	5:41	大宮駅	大宮駅	大宮駅	大宮駅	
5:11	5:21	5:31	5:41	5:51	6:01	6:11	6:21	6:31	6:41	6:51	7:01	7:21	7:31	7:41	7:51	8:01	8:11	8:21	8:31	8:41	8:51	9:01	大宮駅	大宮駅	大宮駅	大宮駅	
8:31	8:41	8:51	9:01	9:11	9:21	9:31	9:41	9:51	10:01	10:11	10:21	10:41	10:51	11:01	11:11	11:21	11:31	11:41	11:51	12:01	12:11	12:21	大宮駅	大宮駅	大宮駅	大宮駅	
12:31	12:41	12:51	13:01	13:11	13:21	13:31	13:41	13:51	14:01	14:11	14:21	14:41	14:51	15:01	15:11	15:21	15:31	15:41	15:51	16:01	16:11	16:21	大宮駅	大宮駅	大宮駅	大宮駅	
16:31	16:41	16:51	17:01	17:11	17:21	17:31	17:41	17:51	18:01	18:11	18:21	18:41	18:51	19:01	19:11	19:21	19:31	19:41	19:51	20:01	20:11	20:21	大宮駅	大宮駅	大宮駅	大宮駅	
20:31	20:41	20:51	21:01	21:11	21:21	21:31	21:41	21:51	22:01	22:11	22:21	22:41	22:51	23:01	23:11	23:21	23:31	23:41	23:51	24:01	24:11	24:21	大宮駅	大宮駅	大宮駅	大宮駅	

時刻はご乗降所の乗降時刻を掲載しています  
— 表記は降車止まりなのでご注意ください

**バスダイヤ一部訂正のお知らせ**

いつもお乗車いただきありがとうございます。ご乗車ありがとうございます。平日の時刻表の一部が訂正されました。下記の通り、訂正いたします。

平日  
ひたち BRT 多賀方面から大宮・久慈方面行き時刻表

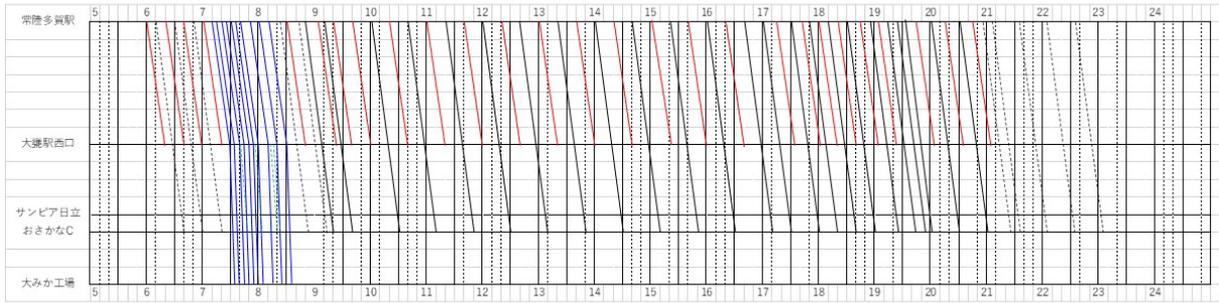
大宮駅西口発 7:53 → 7:58 → 8:02  
大宮駅西口発 8:19 → 8:19 → 8:22  
多賀駅発 16:20 → 16:25 16:29 16:31

大宮駅西口発 7:51 → 7:56 → 8:00  
大宮駅西口発 8:08 → 8:13 → 8:17  
多賀駅発 16:23 → 16:28 16:32 16:34

JR大宮駅  
ひたちはりとは、JR大宮駅の西口「大宮駅西口(学習前)」に接続します。

図 2-6 現行ひたち BRT 運転時刻表

常陸多賀駅→おさかなC方向（下り線）



おさかなC→常陸多賀駅方向（上り線）

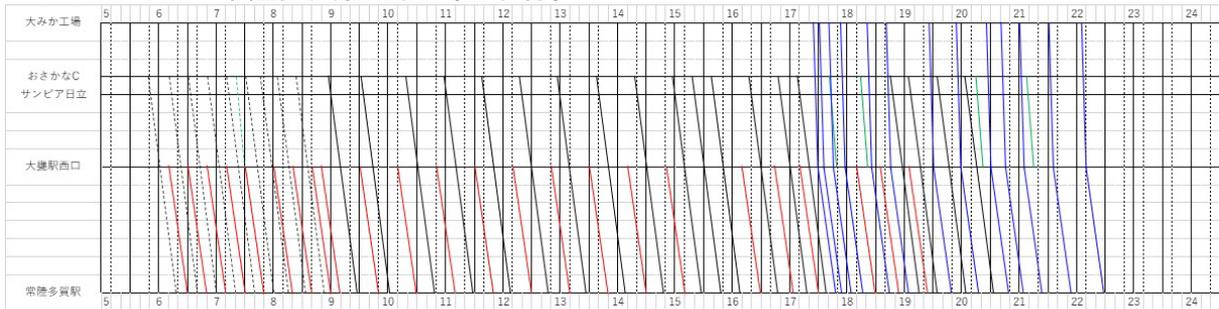


図 2-7 現行ひたち BRT 運転ダイヤ

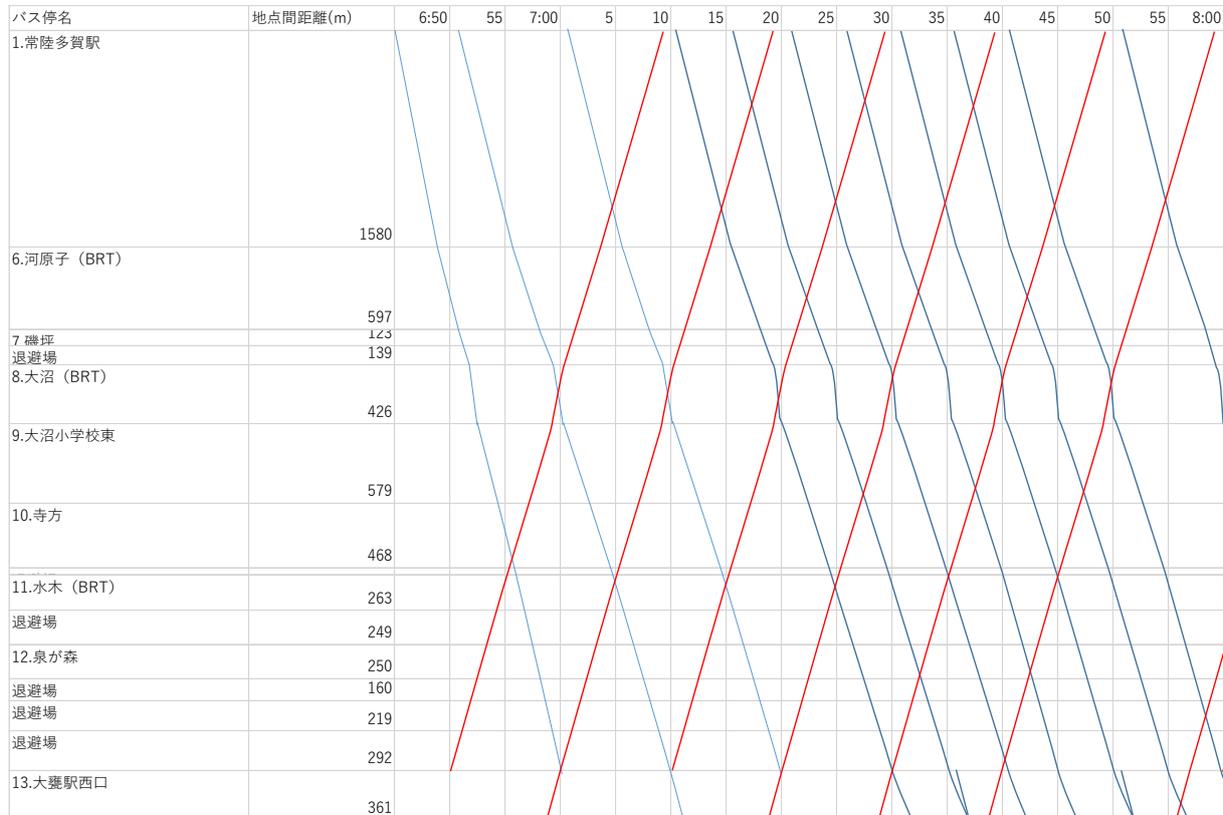


図 2-8 現行ひたち BRT 運転ダイヤ（朝時間帯）

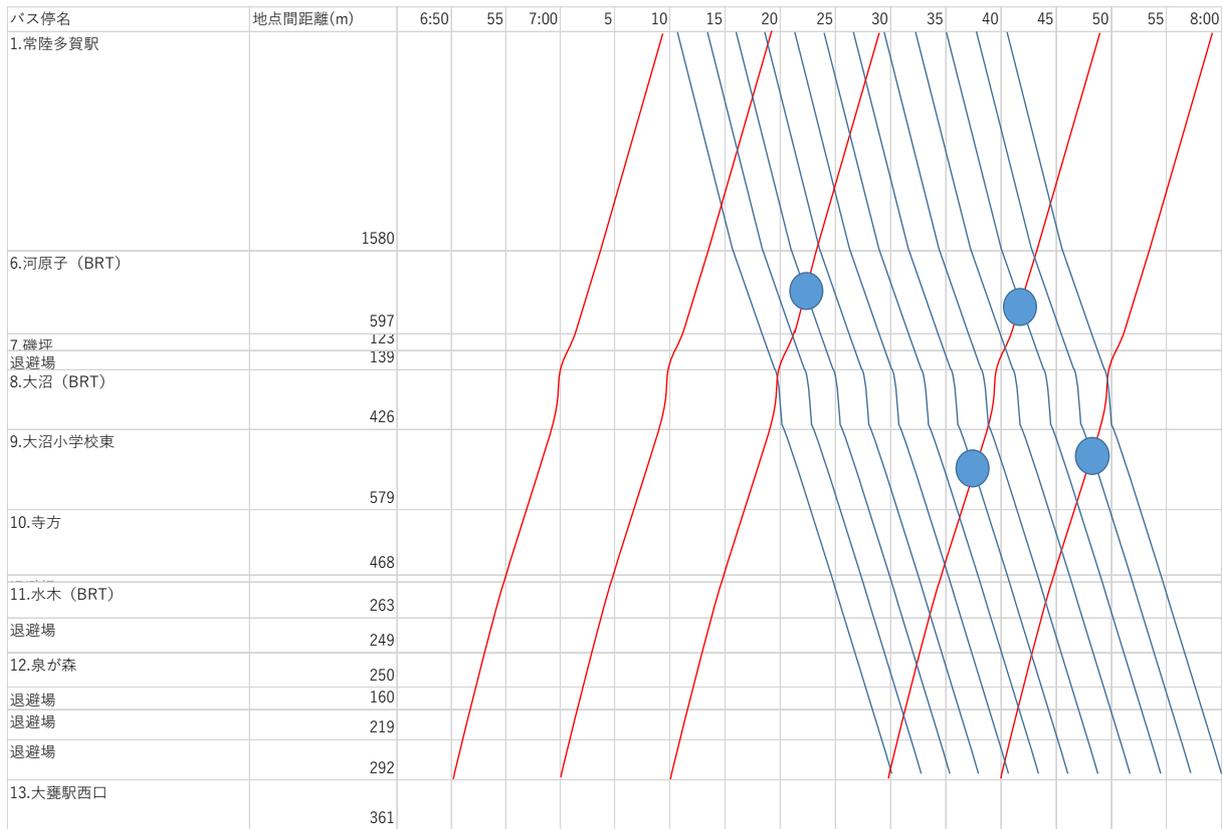


図 2-9 3分間隔とした運転ダイヤ（朝時間帯）

上図青丸で示した地点（川原子 BRT と磯坪間、大沼小学校東と寺方間）で新たなすれ違いが生じる可能性ある。同地点は、すれ違いを想定していない地点である。

現存する BRT 信号の制御方式では、単線区間に先入りした車両が優先して進行するため、仮に上図赤線（大甕駅西口→常陸多賀駅前の方向）が青線（常陸多賀駅前→大甕駅西口方向）よりも先に単線区間の端に到達した場合には、青線側が単線区間の反対側で待つ事になる。川原子 BRT と磯坪間、大沼小学校東と寺方間は共に区間の走行時間が 2.5 分程度であることから、上記のすれ違い待機が行われた場合には、後続する車両が前方の車両に追いついてしまう。このような追従運行が始まると、1 台目の車両には乗客が集中するとともに乗降時間が増え、かつ 2 台目の車両には空席が生じるなど、サービス性が低下する事が知られている。この現象は、区間の輸送力を保つことが困難になることを示している。

反対方向路線（大甕駅西口→常陸多賀駅前の方向）の運転間隔が広いことから、こちら側の到達時間を延長させ、手前バス停（磯坪あるいは寺方）で待機し、常陸多賀駅前→大甕駅西口方向の路線を優先通行させれば、通行は可能である。

ただし、このような通行を実現するためには、現存する BRT 信号制御方式（単線区間に先入りした車両が優先して進行し、後入りした車両は手前バス停で停止して待つ）の改良が必要である。

ひたち BRT 路線に実装した場合を想定して中型（実験車両）と大型（現行 BRT 車両）を比較したものが下表である。

表 2-20 中型（実験車両）と大型（現行 BRT 車両）の比較（1）

項目	中型車	大型車	中型・大型の差異	備考	ひたち特有の事項
定員	座席	27人（他に乗務員用：1）	28人（他に乗務員用：1）		立席の有無は車内安全・輸送力の観点で影響大 立席ありは自動運転技術として未検討領域が多い
	立席	0人	28人		
	計	28人	56人	—	
ピーク時運転間隔 （常陸多賀駅発の7時台の30分間の現状）	5分間隔、7本	5分間、7本		短縮のためには、すれ違い箇所増設が必要 ⇒道路拡幅、BRT信号増設の対応が必要	
輸送力（ピーク30分の全車両を置き換えた場合の比較）	189人/30分間	350人/30分間	2台以上だと輸送力不足		中型1台のみ（現行で使用中の1台の置き換え）であれば許容
最高速度	40km/h	40km/h		技術的には最高速度を上げることが可能であるが、実証実験が必要	
回復運転	技術的には可能	技術的には可能	プログラム化するためには最高速度の向上が必要		
走行時分の遅れ	現行+8分45秒	現行+10分以上	差異が生じるのはバス停のみ（【大型】定員が多い分、乗降の時分が長くなる）		

表 2-21 中型（実験車両）と大型（現行 BRT 車両）の比較（2）

項目	中型車	大型車	中型・大型での差異	備考	ひたち特有の事項
バス停の対応	正着	磁気マーカーの敷設が必要	磁気マーカーの敷設が必要		バーストップ前の磁気コイルと干渉しないかを検証が必要 磁気マーカー敷設には日立市の合意が必要で、費用負担の問題あり
隊列走行	輸送力確保のためには必要	不要	【中型】車両2台分以上のバス停長さが必要※先行車両と後行車両の乗車人数は均一にならないため単純に2台分の輸送量とはならない	JR西で実証実験中であり、技術的な実現可能性は不明	隊列走行した場合、すれ違いに必要なバス停長さの延長、BRT信号制御機構の変更などインフラ側の対応について検討が必要
すれ違い	困難箇所あり。自動運転車と手動運転車のすれ違いは検証が必要	困難箇所あり。大型車同士のすれ違いは検証が必要	【中型・大型】磁気マーカー敷設により、路側ぎりぎりまで幅寄せが必要。すれ違いに要する車両技術に変わりはなく、いずれにせよひたちBRTでは磁気マーカーの敷設等が必要になる	幅員が狭い箇所があり、大型は実路線の幅員やカーブ部拡幅などインフラ側の対応が必要になる可能性がある	寺方バス停が該当。大型自動運転車同士のすれ違いは、テストコースで十分な確認の後、ひたちBRTの本コースで最終確認が必要
旋回半径	カーブの走行	—	内輪差で左後方をこする恐れあり		寺方バス停の先、大襲工場前橋梁上が該当
車両システム	LiDER設置による車両限界 信号灯色認識	— 可能	— 可能	【大型】車両上部に設置する設計に変更済み。認識範囲にも影響なし。	
制動距離	—	—	中型+α	40km/hでは影響は限定的	

現在、ひたち BRT では 17 台（中型：1 台、大型：16 台）を使用している。

現在のひたち BRT における中型 1 台は、日中時間帯に用いており、需要対応上の問題（輸送力の不足）は生じていない。この 1 台のみを自動運転車両に置き換えることは輸送力の面では可能である。

中型車・大型車で差異が生じる項目を抽出し、ひたち BRT で大型車でなければ検証できない事項への対応（案）を整理したものが下表である。

このうち全台数を自動運転に置き換える場合について、中型と大型の差異を比較整理した結果、次の項目（①走行時分の遅れ、②追従・続行運転、③旋回半径・カーブの走行、④制動距離）については、実車を用いた検証が必要となるものの、いずれも、テ

ストコース等での検証が可能である。

大型自動運転車同士のすれ違いは、テストコースで十分な確認の後、バス停等に磁気マーカーを敷設した上で、ひたちBRT本線で最終確認が必要である。

表 2-22 中型（実験車両）と大型（現行 BRT 車両）の比較（3）

項目	中型	大型	※	中型・大型の差異	備考	ひたち特有の事項	ひたちBRTで大型車でなければ検証できない事項への対応（案）
走行時分の遅れ	現行+8分45秒	現行+10分以上	●	差異が生じるのはバス停のみ （【大型】定員が多い分、乗降の時分が長くなる）			テストコースで乗降に係る時間を実験することで試算可能
隊列走行	輸送力確保のためには必要	不要	●	【中型】車両2台分以上のバス停長さが必要※先行車両と後行車両の乗車人数は均一にならないため単純に2台分の輸送量とはならない	JR西で実証実験中であり、技術的な実現可能性は不明		隊列走行した場合、すれ違いに必要なバス停長さの延長、BRT信号制御機構の変更などインフラ側の対応について、テストコースで中型車2台での実験を行い、本路線での確認が必要
旋回半径	カーブの走行	内輪差で左後方をこする恐れあり	●			寺方バス停の先、大巖工場前橋梁上が該当	テストコースで環境を再現して実験することで検証可能
制動距離	-	中型+a	●		40km/hでは影響は限定的		ひたちBRTの場合、走行速度40km/hのため、影響は限定的であるが、必要に応じてテストコースで実験することで検証可能
すれ違い	自動運転車と手動運転車のすれ違いは検証が必要	大型車同志のすれ違いは検証が必要	●	すれ違いに要する車面技術に変わりはないが、いずれにせよひたちBRTでは磁気マーカーの敷設等が必要になる		幅員が狭い箇所があり、大型は実路線の幅員やカーブ部拡幅などインフラ側の対応が必要になる可能性がある	大型自動運転車同士のすれ違いは、テストコースで十分な確認の後、ひたちBRTの本路線で最終確認が必要

## 2.3. 現地実証実験実施の検討

### 2.3.1. 実験期間の設定

道路交通法が2022年10月1日に改正され、自動運転の実証実験車両が、乗合自動車の停留所における駐停車を禁止する規制から除外されることとなった。ひたちBRTの実証実験では、自動運転バスを既存路線バスの運行を妨げずに通行させるにあたり停留所に停車する必要があるため、改正道路交通法に基づく手続きが完了次第、実証実験を開始することとした。

具体的には、法改正を受け、2022年11月上旬には、自動運転バスがひたちBRTの停留所に駐停車することについて地域公共交通会議で合意を得た上で、11月中旬には茨城県公安委員会に提出し、11月下旬には茨城県公安委員会において公示した。その上で、12月上旬から、ひたちBRT走行路上でのバス停への停車を伴う自動運転バスの調律作業を2週間程度実施し、実証実験は12月16日から開始することとした。

また、実証実験の終了日は、自動運転制御手法の開発・検証に足る十分な走行回数を重ねること、実証実験の成果を2022年度内に取りまとめることが必要であることを踏まえ、2023年2月末とした。

### 2.3.2. 走行ルートの設定

多賀駅前～おさかなセンター間で運行中のひたち BRT に自動運転バスを導入することを見据え、走行ルートは現行のひたち BRT と同一とした。

また、今年度の実証実験では、将来的な無人運行に向けた自動運転制御手法の開発・検証を目的としている。河原子 BRT～南部図書館間は、一般道との交差部を除いて一般車が道路上に存在しない BRT 専用道区間であり、その他の区間に比べて、自動運転技術を用いた無人運行が早期に実現すると考えられている。

そのため、今年度実証実験では、走行ルートのうち、BRT 専用道区間（河原子 BRT～南部図書館間）を自動走行区間とした。



図 2-10 自動及び手動走行区間の概要

### 2.3.3. 運行ダイヤの設定

車両開発状況により、自動運転によりバスを運行した場合、人による運行に比べて、下表に示す通り所要時間が増加することが予測された。また、ひたち BRT では、営業便が朝のラッシュ時には概ね 5 分間隔、夕方のラッシュ時には概ね 10 分間隔で運行されていることに加え、BRT 専用路内でのバス同士の追い越しは困難である。そのため、朝夕のラッシュ時には、通常の営業運行便の運行を妨げる恐れがあることから、自動運転バスは運行しないこととした。

表 2-23 人による運行と自動運転による運行の所要時間の差分

項目	【 現 状 】 1 箇所当たり (s)	箇所	【 現 状 】 専用区間合計 (s)
単路部	0	-	0
バーゲート	10	11	110
交差点安全確認	10	11	110
すれ違い信号	10	13	130
大甕駅構内	20	1	20
臨海西工場の橋	15	1	15
緑の横断帯	10	2	20
速度回復の遅れ	-	-	120
合計時間(秒)	-	-	525
合計時間(分秒)	-	-	08 分 45 秒

次に、営業運行便とのすれ違いが無理なく行えるかを、ダイヤグラムを用いて机上検討の結果、下表の通りの時刻で運行することとした。なお、自動運転バスは調律作業の結果により所要時間が変動することや、営業便が時刻表から数分遅延して走行する可能性があることから、12 月 15 日までの調律走行の状況を踏まえて、必要に応じて運行ダイヤを見直すこととした。

表 2-24 運行ダイヤ (2022 年 12 月 15 日まで)

	おさかな センター		大甕駅 西口		河原子 (BRT)		多賀駅前
1 便	8:39	→	8:52	→	9:11	→	9:16
2 便	10:00	←	9:47	←	9:28	←	9:23
3 便	10:22	→	10:35	→	10:54	→	10:59
4 便	12:00	←	11:47	←	11:28	←	11:23
5 便	13:02	→	13:15	→	13:34	→	13:39
6 便	14:40	←	14:27	←	14:08	←	14:03
7 便	15:02	→	15:15	→	15:34	→	15:39
8 便	16:40	←	16:27	←	16:08	←	16:03
		13 分		19 分		5 分	

12 月上旬に自動運転バスの調律作業を実施した結果、意図せぬ箇所での営業運行便とのずれ違いが見られた。そのため、12 月 16 日以降は、自動運転バスの発着時刻を全停留所で 3 分繰り下げ、下表の通りの時刻で運行することとした。

表 2-25 運行ダイヤ (2022 年 12 月 16 日から)

	おさかな センター		大甕駅 西口		河原子 (BRT)		多賀駅前
1 便	8:42	→	8:55	→	9:14	→	9:19
2 便	10:03	←	9:50	←	9:31	←	9:26
3 便	10:25	→	10:38	→	10:57	→	11:02
4 便	12:03	←	11:50	←	11:31	←	11:26
5 便	13:05	→	13:18	→	13:37	→	13:42
6 便	14:43	←	14:30	←	14:11	←	14:06
7 便	15:05	→	15:18	→	15:37	→	15:42
8 便	16:43	←	16:30	←	16:11	←	16:06
		13 分		19 分		5 分	

#### 2.3.4. 検証項目の設定

日立高度化検討会議及びコア会議での検討事項を踏まえ、検証項目を設定した。以下に検証項目の一覧を示す。

2022年度実証実験 検証項目

No	検証項目			検証目的	アウトプット	検証方法	検証条件/検証パターン	箇所数 数量等	検証主体
	大項目	中項目	小項目						
1	走行速度に関する検証	区間時分		走行区間の所要時間がどのくらい要するか	走行区間全体の所要時間	以下、各小項目の合計値			先進モビリティ JARI
2	走行速度に関する検証	単路部走行時間	単路部走行時間	単路部の走行に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	普通車と自動運転車の単路部の走行時間の差	現行車両、自動運転車それぞれについて、単路部〇〇mの走行時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中 ・すれ違い車両なし	5500m	先進モビリティ JARI
3	走行速度に関する検証	単路部走行時間	単路部での速度回復	単路部走行時の速度回復により走行時間をどの程度短縮可能か検証する	単路部走行時の走行速度及び区間運行時間	所定速度から減速し、所定速度までの回復時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中 ・すれ違い車両なし	800m 大塚駅-泉が森間 または泉が森	先進モビリティ JARI
4	走行速度に関する検証	単路部走行時間	臨海西工場の橋通過時間	臨海西工場の橋通過に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	自動運転と手動運転の走行時間差	臨海西工場の橋通過時の時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中	400m	先進モビリティ JARI
5	走行速度に関する検証	単路部走行時間	緑の横断帯通過時間	緑の横断帯通過に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	自動運転と手動運転の走行時間差	緑の横断帯通過時の時間を計測(遮蔽物がある箇所と無い箇所の2パターン)	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間	4箇所	先進モビリティ JARI
6	走行速度に関する検証	交差点走行時間	ターゲット通過時間	ターゲット通過に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	・通常時のターゲット通過時間 ・ターゲット検出率	ターゲット通過時の時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間	3箇所	先進モビリティ JARI
7	走行速度に関する検証	交差点走行時間	信号無し交差点	交差点通過に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	・普通車と自動運転車の単路部の走行時間の差 ・交差点通過時間に影響する要素	信号無し交差点の時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間	9箇所	先進モビリティ JARI
8	走行速度に関する検証	交差点走行時間	信号無し+横断歩道	交差点通過に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	・普通車と自動運転車の単路部の走行時間の差 ・交差点通過時間に影響する要素	信号無し+横断歩道の時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間	3箇所	先進モビリティ JARI
9	走行速度に関する検証	交差点走行時間	信号無し、車線設定	センサから得られる接近車両等の情報を把握することによる交差点通過時間の短縮が可能か検証するとともに、区間時分を算出する	・障害物検知の認識精度 ・障害物検知実施時の交差点通過時間 ・通常時と比較した短縮時間	・検証用カメラ画像から人手で車種/車両位置/速度を収集し、センサ情報と比較 ・障害物検知時の交差点通過時間の測定	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間	2箇所	NK 先進モビリティ JARI
10	走行速度に関する検証	交差点走行時間	信号交差点	信号連携した場合の交差点通過時間を明らかにし、通常時と比較し短縮が可能か検証するとともに、区間時分を算出する	・信号連携時の交差点通過時間 ・通常時と比較した短縮時間	・検証用カメラで実際の信号灯色を撮影し、信号連携から与えられる情報と比較 ・信号連携時の交差点通過時間の測定	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間	1箇所	NK 先進モビリティ JARI
11	走行速度に関する検証	バス停	バス停での再発進に係る時間(BRT信号認識)	車載カメラ増設により、BRT信号の認識精度を向上可否及び、それに伴う再発進に係る時間短縮が可能か検証する	・BRT信号の検出率 ・BRT信号認識を向上させた場合の再発進に係る時間 ・自動運転と手動運転の走行時間差	・BRT信号の検出率(正検出/誤検出/未検出)を確認し、再発進に係る時間の測定	・晴天時/雨天時 ・日中	14箇所	NK 先進モビリティ JARI
12	走行速度に関する検証	その他	大塚駅構内通過時間	大塚駅通過に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	大みか駅ロータリー走行に係る時間を計測(双方方向を計測)	大塚駅構内通過時の時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間	1箇所	先進モビリティ JARI
13	走行時安全性に関する検証	信号灯色の認識	夜間の信号灯色認識の可否(交通信号)	夜間の信号灯色認識の可否を明らかにし、区間時分を算出する	夜間走行時の交通信号の認識結果を計測	夜間の信号灯色認識の確率を計測	・晴天時/雨天時 ・夜間	14箇所	先進モビリティ JARI
14	走行時安全性に関する検証	信号灯色の認識	夜間の信号灯色認識の可否(BRT信号)	夜間の信号灯色認識の可否を明らかにし、区間時分を算出する	夜間走行時のBRT信号の認識結果を計測	夜間の信号灯色認識の確率を計測	・晴天時/雨天時 ・夜間	14箇所	先進モビリティ JARI
15	異常時対応	異常気象時の運行可否	悪天候時の運行可能性				・テストコースにて検証		先進モビリティ
16	異常時対応	車外の落下物検知	落下物発生時の検知				・テストコースにて検証		先進モビリティ
17	異常時対応	車外の落下物検知	発生後の安全確認				・テストコースにて検証		先進モビリティ
18	認識性能検証	走行環境分類13種類に対する検出率(車両、自転車、歩行者、落下物)の確認		・各走行環境に対して安全に走行するために必要な「設計目標」については、事前審査会で報告待ち(先進モビリティ) ・設計目標に対して、実環境で確認すべきものを優先に設計通りの性能が出ているか検証する。	設計目標に対して実環境での認識率	詳細検討中	詳細検討中	検討中	先進モビリティ (JAR)
19	安全走行戦略に対する安全性検証	各検出対象(車両、自転車、歩行者)を検出後に実行される各制御結果の確認		・各走行環境で行われる制御結果(減速タイミング、通過速度、加速タイミング、加速度など)に対して安全性が確保されているか検証する。	安全性の検証結果。 例) ・並走歩道通過時の歩行者位置、通過速度に対して走行戦略通りに走行していることを検証する。	詳細検討中	詳細検討中	検討中	先進モビリティ (JAR)
20	インフラ連携	ターゲット認識率	No.6ターゲット検出率で対応						
21	インフラ連携	BRT信号認識率	No.11BRT信号検出率で対応						
22	インフラ連携	信号連携	交通信号機の灯色情報、残秒数情報と自律車両制御の連携	インフラ情報との連携による自律車両制御(発信・停止)の円滑性向上を検証する。	灯色情報、残秒数情報の車両制御での活用結果	インフラ側ログ、自律車両側ログの分析	水木交差点にインフラ連携機器を設置。自律車両搭載センサーによる灯色検知と一致している場合、していない場合の自律車両の制御方法を検証	1箇所	日本工営 先進モビリティ
23	インフラ連携	障害物検知	交差点内の障害物情報(位置、速度)と自律車両制御の連携	インフラ情報との連携による自律車両制御(発信・停止)の安全性・サービス性向上を検証する。	障害物情報の車両制御での活用結果	インフラ側ログ、自律車両側ログの分析	磯坪交差点、南部図書館交差点にインフラ連携機器を設置。交差点道路側車両の位置と速度を変えて自律車両の制御方法を検証	2箇所	日本工営 先進モビリティ
24	車内安全の検証	乗り心地	車内アナウンスの効果	車内アナウンスの情報提示に対する社会受容性の評価	乗車モニターへのアンケート結果	乗務員が通常行う案内を録音の車内アナウンスに変更し、乗車モニターにアンケート調査を実施する	・アナウンス回数を変えた場合 ・アナウンス内容を変えた場合 等	24人	産総研
25	車内安全の検証	車内トラブル等への対応	遠隔対応	車内トラブル等の遠隔対応方法に対する社会受容性の評価	乗車モニターへのアンケート結果	仮想区間にて車内トラブル時に押しボタンによる遠隔監視者呼び出しを想定し、モニターへアンケート調査を実施する	・車内転倒事故を想定した場合	24人	産総研
26	車外案内の検証	車外HMIに向けた検証	車外HMIが必要とする場面の検討	車外HMIが必要または有効であろうシーンの検出	車外HMIの効果場面の抽出	車外向けカメラ(ドライブレコーダ)の録画	・他の交通参加者とインタラクションがある場合		産総研
27	車外案内の検証	車外HMIに向けた検証	車外HMIの効果の検証	車外HMIの提示で他の交通参加者への影響を検証	車外HMIの効果の検証結果	車外HMI用音声の発生(バスに取り付け) 車外向けカメラ(ドライブレコーダ)の録画	・単路部かつガイドレールなし区間での自動走行 ・歩行者がいる時のみ	1箇所	産総研
28	遠隔監視	遠隔監視作業	遠隔監視者の状態	遠隔監視者が感じた監視作業の負担感や疲労感	遠隔監視作業の特徴を抽出	遠隔監視者へのアンケート調査を実施する	・監視作業がある場合		産総研
29	社会受容性	インタビュー調査		ひたちBRT利用者、非利用者どちらも含む地域住民を対象とした、自動運転車両実装に対する受容性の把握	・ひたちでL4自動運転バスが本格的に実装される初期段階での、市民の率直なニーズや協力意向 ・本年度の結果を基礎とし、次年度以降の社会受容性向上の取り組みを通じて住民意識がどのように変化するかを分析	5人程度/回の対面インタビューを体験乗車者と非体験乗車者に分けて実施	・体験乗車者 ・非体験乗車者	-	日本工営
30	社会受容性	アンケート調査		ひたちBRT利用者を対象とした、自動運転車両が実装されることによるサービスの向上に対する受容性の把握	・試乗車の自動運転バスに対する評価	体験乗車参加者を対象にアンケート調査を実施(紙面、Web)	-	-	日本工営

### 2.3.5. 実験計画書等の策定

以上の検討結果を踏まえ、現地実証実験計画を策定した。計画書は、現地実証実験計画に関する基本的な事項を網羅した「実験計画書」の他、事故等発生時の対応を整理した「緊急対応マニュアル」、事故等発生時の連絡体制を整理した「緊急連絡網」を策定した。策定した計画書等を以下に示す。

# ひたちBRT実証実験計画書

221209時点版

実施者：日本工営株式会社

## 目次

1. 実施体制	P2
2. 実証実験の概要（目的、実験期間、実験区間、実験車両）	P3
3. 運行方法（運行区間、運行体制、運行ダイヤ、特徴的な取組、コロナ対策等）	P7
4. 事前準備（車両準備、車両調律、ドライバートレーニング、緊急時の情報伝達訓練、関係者試乗等）	P10
5. 検証・評価（検証項目、検証方法）	P15
6. 安全運行体制の構築に向けた取組（ドライバーとのヒヤリハット事象の共有、リスク箇所の事前抽出、ドライバー教育状況の確認、地元住民への注意喚起、走路上への人員配置）	P18
7. 工程計画	P25
8. 緊急対応	P26

# 1. 実施体制

L4プロジェクトの実施主体：経済産業省・国土交通省  
 ひたちBRT実証実験実施体制：下表の通り

関係主体	実証実験の実施・総括	運行方法の検討	車両調達・調律等の事前準備	車検証の書き換え申請・発行	通行許可証の申請・発行	車両の運転	地域住民への注意喚起	安全運行体制の検討・実施	検証項目の設定、実施	実証実験の助言
コソソ	日本工営	○	○				○	○	○	
	先進モビリティ		○	○		○		○	○	
	産業技術総合研究所								○	
	日本自動車研究所								○	
運行事業者・施設管理者	茨城交通		○	○	○	○	○	○	○	○
	みちのりホールディングス		○						○	○
	日立市						○		○	○
地域関係者	茨城運輸支局			○ (発行)						○
	茨城県									○
	茨城県警察本部									○
	日立警察署				○ (発行)					○
	関東経済産業局									○

# 2. 実証実験の概要

## 2.1. 実証実験の概要

目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひたちBRTにおける自動運転バスの社会実装に向けた自動運転制御手法の開発（車両・遠隔・インフラ等）・検証及びサービス面の検証等</li> </ul>
実験期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>2022年12月16日（金）～2023年2月28日（火）</li> </ul>
実験走行ルート	<ul style="list-style-type: none"> <li>多賀駅～おさかなセンターの区間のうち、河原子BRT～南部図書館の区間を自動運転レベル2で走行（約6.1kmの専用道空間）</li> </ul>
走行車両	<ul style="list-style-type: none"> <li>エルガミオ（いすゞ自動車）の改造車両</li> <li>自動運転レベル2での走行（乗務員あり）</li> <li>ナンバープレートは白色（一般営業での運行ではない）</li> </ul>
運行ダイヤ等	<ul style="list-style-type: none"> <li>8便（4往復）を平日昼間の現行バス運行ダイヤの合間に走行（※年末年始(12/29～1/4）は除く）</li> <li>一般客の運送はなし（モニター乗車は別途検討中）</li> <li>専用道：全バス停で停車</li> <li>一般道：バス停は通過（多賀駅及びおさかなセンターでは待機のため停車）</li> </ul>
評価項目（概要）	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両走行に関する検証</li> <li>走行時安全性に関する検証</li> <li>サービス面に関する検証 等</li> </ul>



## 2. 実証実験の概要

### 2.2. 実験車両

- ・ 走行予定車両：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）

※ただし、本年度の実証実験においては安全性を考慮して今年度は立ち席なしで運行予定。



図 走行予定車両

4

## 2. 実証実験の概要

関係者外秘

### 2.3. 自動走行システムレイアウト

- ・ 実験車両には、下図に示す種々の自動走行システムを搭載している。

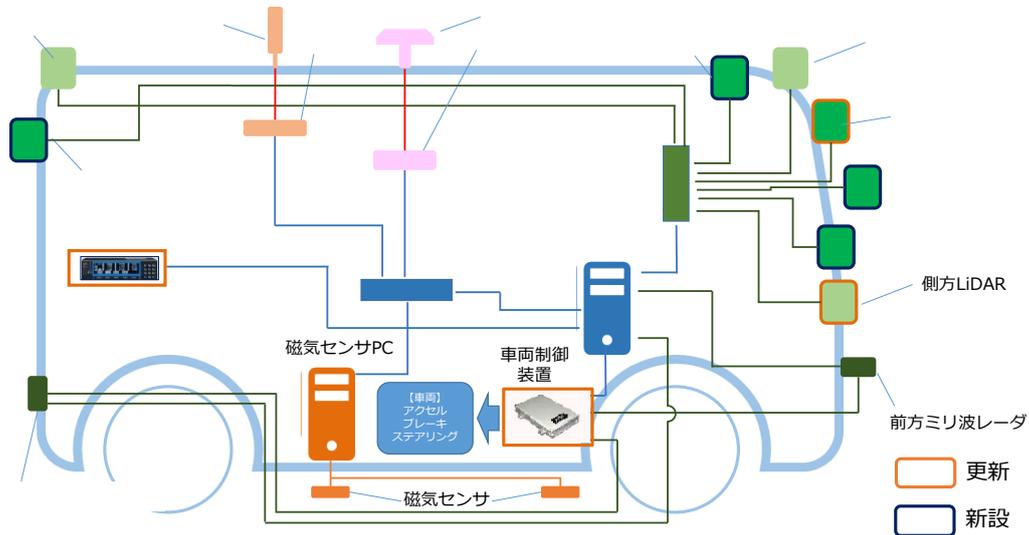


図 走行予定車両のイメージ

出典：先進モビリティ資料

5

## 2. 実証実験の概要

関係者外秘

自動走行する各種装置の用途及び内容は以下の通り。

区分	装置	用途	内容
更新	側方LiDAR	車両後側方の障害物を検知する	高解像度（解像度約2倍）センサへ変更
	信号検知カメラ	前方の信号灯色を検知する	ダイナミックレンジの広いカメラへ変更
	車両制御装置	自動運転車両の制御を行う	PCベースコントローラから組み込みECUへ変更
	運行記録装置	自動運転中の走行データを記録する	PCベースの記録装置から車載対応機器へ変更
追加	前面近傍検知カメラ	車両前方のバンパー付近の障害物を検知する	—
	周辺検知カメラ	車両側方の近くの障害物を検知する	—
	後方検知カメラ	車両後方の近くの障害物を検知する	—
	BRT信号検知カメラ	BRT停留所等にあるすれ違い用信号の灯色を検知する	—

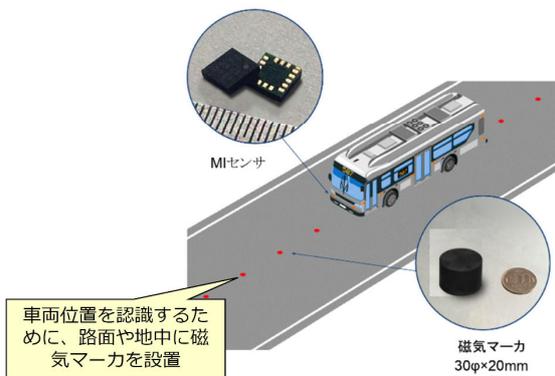
出典：先進モビリティ資料

6

## 3. 運行方法

### 3.1. 運行区間

- レベル2機能を活用した自動運転走行は、河原子（BRT）から南部図書館までのBRT専用道約6.1kmで実施（当該区間には、車両位置認識のための磁気マーカあり。ただし、バスベイや一般道との交差点、緑の横断帯、大甕駅ロータリーには未設置。）。
- 運行中の転回／待機は、多賀駅ロータリー・おさかなセンターロータリーを予定しているため、全体としては多賀駅からおさかなセンターの区間を走行。
- 河原子BRTから南部図書館以外は一般道を走行予定。



7

### 3. 運行方法

#### 3.2. 運行体制

ドライバー：運行事業者（茨城交通）の意見を踏まえて走行条件（設定速度等）のブラッシュアップを行うため、以下2社体制で実施予定  
先進モビリティ（～2023年1月末） / 茨城交通（2023年2月）

#### 3.3. 運行ダイヤ

- ・通常運行ダイヤの合間で4往復（8:39～16:40）走行する。
- ・一般客の運送はなし（モニター募集を予定）。
- ・平日のみの運行とする。
- ・専用道区間内の全てのバス停で停車する。
- ・実証実験前の車両調律期間中（12/1～12/15）に、本運行ダイヤの実現性を確認し、本番用のダイヤを再調整する。

表 運転ダイヤ（12月15日まで）

	おさかなセンター		大甕駅西口		河原子(BRT)		多賀駅
1便	8:39	→	8:52	→	9:11	→	9:16
2便	10:00	←	9:47	←	9:28	←	9:23
3便	10:22	→	10:35	→	10:54	→	10:59
4便	12:00	←	11:47	←	11:28	←	11:23
5便	13:02	→	13:15	→	13:34	→	13:39
6便	14:40	←	14:27	←	14:08	←	14:03
7便	15:02	→	15:15	→	15:34	→	15:39
8便	16:40	←	16:27	←	16:08	←	16:03
			13分		19分		5分

8

### 3. 運行方法

#### 3.4. 運行速度

- ・運行速度は、最高約40km/hを予定しており、一般道との交差点等は一時停止する。

#### 3.5. コロナ対策

以下のような新型コロナウイルス感染症対策を実施する

- 関係者は、自宅での検温のうえ、発熱・体調不良の際は乗車を控えていただくよう要請
- 乗車時のマスクの着用の徹底
- 乗車時には検温及び手指の消毒を依頼
- その他、バス協会ガイドラインに基づく感染症予防対策を実施（換気・車両消毒など）
- 緊急事態宣言等が発令された場合は、関係者で対応を協議・判断

9

## 4. 事前準備

### 4.1. 車両搬入、燃料補給【11/15頃 車両搬入予定】

- ・つくばの先進モビリティ社の車庫から自走し、茨城交通日立南営業所へ車両搬入。
- ・燃料（軽油）補給は適宜日立南営業所で行う。

### 4.2. 通行許可証の申請【11/20～11/30頃】

- ・茨城交通は、日立警察署に車検証とドライバー名簿を提出し、通行許可証の申請を行う。  
(許可証発行まで日立警察署への申請から1週間～10日程度必要)

### 4.3. 車両装飾【11月下旬～12月上旬】

- ・車両調律期間から行先表示（車両前後、左側面）や車両マグネットで車両前後、左右側面に「自動運転実証実験中」と記載し、実証実験実施中であることを認識できるようにする。
- ・一般乗車できないことが分かるようドア付近に「一般乗車できません」と記載したマグネットを貼り付ける。
- ・ラッピングを実施する。



図 車両マグネットの表示内容



図 車両ラッピングのイメージ

10

## 4. 事前準備

### 4.4. 車両調律

- ・実証実験に向けて、マッピング、速度設定、磁気マーカの走行確認を2週間程度行う。

車両調律の概要	実施時期	備考
マッピング（走行軌跡の作成）	2022年12月1日～2022年12月5日	1週間想定
速度設定	2022年12月5日～2022年12月15日	2週間想定
磁気マーカの走行確認	2022年12月9日～2022年12月15日	2週間想定

### 4.5. ドライバートレーニング【2023年1月頃】

- ・実証実験時の安全な運行に向けて、自動運転に係る操作、実験区間の走行環境（リスク箇所、想定事象、迂回ルート等）や緊急時の対応等について、先進モビリティから茨城交通ドライバーに指導を行う。
- ・ドライバートレーニングはモニター乗車に先立ち実施する。
- ・ドライバートレーニングの実施成果を確認するため、ドライバートレーニングに直接関与していない第三者（日本工営）による、ドライバーの習熟度確認を実施する。

※方法は「6.2. チェックリストによるドライバー教育状況の確認」参照

### 4.6. 車両保管

- ・茨城交通日立南営業所にて保管する
- ・自動運転バス車両の鍵は日立南営業所で保管する

11

## 4. 事前準備

### 4.7. 緊急時の情報伝達訓練

#### (1)目的

交通事故やその他緊急連絡が必要な場面で実証実験期間中に発生した場合に、緊急連絡網が確かに機能するかを確認することを目的として、緊急連絡網確認のための訓練（以下、本訓練）を実施する。

#### (2)実施日時

11月24日（木）

#### (3)訓練で想定する事象

##### （訓練事象の想定）

2022年xx月xx日（x）xx:xxごろ、磯坪停留所の付近の一般道との交差部において、実験車両が専用道出口を発車後、一般道を走行する自転車と接触する事故が発生した。自転車を運転していた1名が接触時の衝撃により足に軽いけがをしている。救急車の手配および警察への連絡は終了している。実験車両は、ハザードランプを点滅させて、停車中である。事故発生時、実験車両には、茨城交通ドライバーと先進モビリティ、日本工営各1名の計3名が乗車しており、自転車は1名が乗車していた。

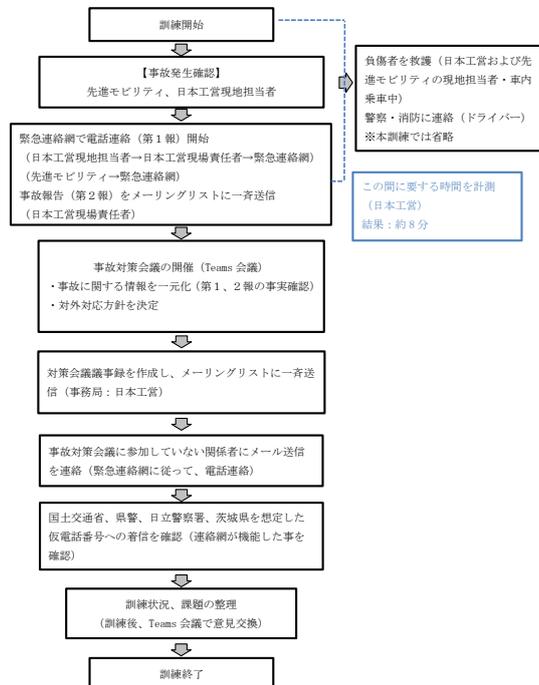
##### （本訓練の内容）

本訓練では、緊急時連絡網に従い、関係者全員による緊急連絡を実施。連絡網および連絡に要する時間を確認し、習熟に向けて課題を明らかにする。

12

## 4. 事前準備

### (4)実施フロー：



13

## 4. 事前準備

### 4.8. 関係者試乗

- 2023年2月1日～3日（予定）にて関係者試乗を実施

### 4.9. 体験試乗（予定）

- 2023年2月6日～28日（平日のみ）
- 沿道住民の自動運転バスの乗車体験を主目的とした乗車を実施
- 体験試乗の実施にあたっては、ひたちBRTサポーターズクラブ、市報、チラシ配布等で周知し、予約サイトにより募集

14

## 5. 検証・評価

### 5.1. 検証項目

- 今年度実証実験での検証項目を以下に示す。（検証方法の詳細は調整中）

検証項目	内容
5.1.1. 車両技術に関する検証	<ul style="list-style-type: none"><li>自動運転走行の実施による追加所要時間の把握</li><li>夜間走行時の信号認識精度の把握</li><li>自動運転技術の向上に資する、手動介入が発生するユースケースの把握</li></ul> 等
5.1.2. インフラ連携に関する検証	<ul style="list-style-type: none"><li>バースに設置する垂れ幕に対する、センサの認識精度の把握</li><li>車載カメラの増設による、BRT信号の認識精度の向上度合いを把握</li></ul> 等
5.1.3. 車内安全および遠隔監視に関する検証	<ul style="list-style-type: none"><li>自動運転車両に対応した車内アナウンスの効果検証</li><li>車内トラブル等への遠隔対応方法に対する社会受容性の把握</li><li>自動運転車両に対応した車外案内の効果検証</li><li>遠隔監視者の負担や疲労感の把握</li></ul> 等
5.1.4. サービスに関する検証	<ul style="list-style-type: none"><li>ひたちBRT利用者、非利用者どちらも含む地域住民を対象とした、自動運転車両導入に対する受容性の把握</li><li>ひたちBRT利用者を対象とした、自動運転車両が導入されることによるサービスの変化に対する受容性の把握</li></ul>

15

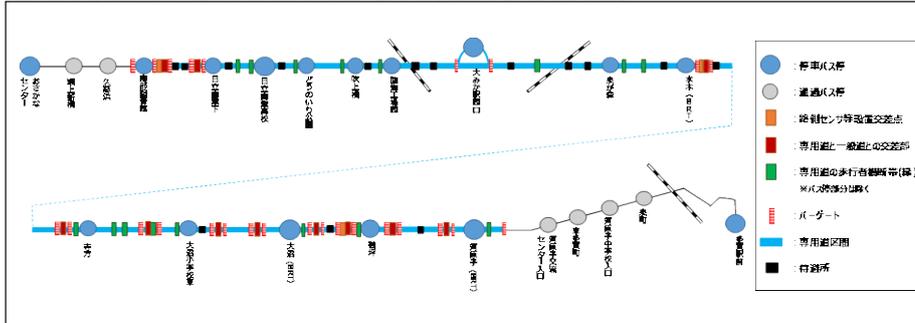
## 5. 検証・評価

### ○ 日報による手動介入やヒヤリハットの検証

- ・ 運行便ごとに日本工営が手動介入やヒヤリハット等の記録を記入する。
- ・ 入力フォームや記録の分析は日本工営で実施する。

便名 (○を する)	おさかなセンター → 多賀駅前 行き	始発発出時刻	通し番号	/8
第1便	第3便	:	記録者	
第2便	第4便	終着停到着時刻	運転手	
	第5便	:	運行日	月 日
	第6便	:	天気	
	第7便			
	第8便			

ルート図 (手動介入を行った箇所、またはヒヤリハットが生じた箇所に番号を振り、下表に従って記号を振る)



番号・記号の記入の仕方 → 以下の記号を順に振ってください。【例: 「① 1 B工」「② 1 Aツ 倒木の回避」「③ 2 小学生が多数通行」】

1. 通し番号  
・ 記入した順に、  
①、②、...と  
通し番号を振る

2. 事象の種類  
1 手動介入  
2 ヒヤリハット  
(具体的に記入)

※ヒヤリハットの場合は、  
具体的内容を記述

3. (手動介入の場合)  
手動介入の種類  
A ハンドル操作  
B ブレーキ操作  
C アクセル操作  
D その他  
(具体的に記入)

※複数当てはまる場合は  
はすべて記入

4. (手動介入の場合) 手動介入の内容

ア 設定走行レーンからのプレハ らつき	カ バス停車時の不備 (停 止位置ズレ)	サ ルート上の障害物回避 (路肩走行のバイク・自転車)
イ すれ違い時の対向車両との 接近	キ 街路樹等を障害物として誤 検知	シ 専用道と一般道の交差点に おける危険回避 (横断者、車両)
ウ バーゲート開閉時の危険回 避 (バーゲートへの接近)	ク 横断歩道における歩行者待 ち	ス 交通用信号の赤信号による停車 (一般道、専用道と一般道交差 部)
エ 信号通過・停止の判断の違 いに伴う危険回避	ケ ルート上の障害物回避 (横 断者)	セ その他 (具体的に記入)
オ 路肩センサ作動上の不具 合 (検知しない誤検知)	コ ルート上の障害物回避 (工事関連)	

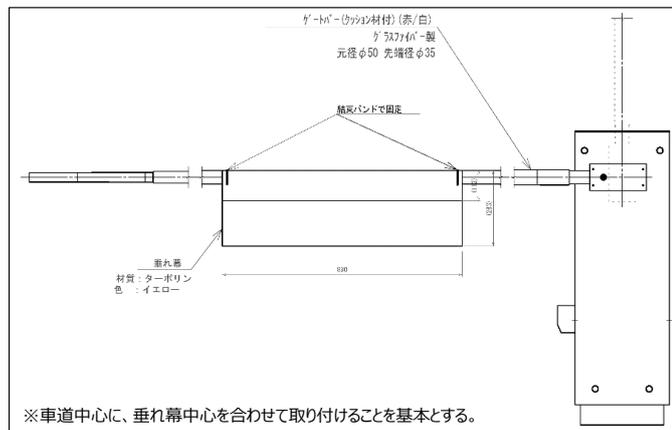
16

## 5. 検証・評価

### ○ バーゲートへの垂れ幕設置概要

- ・ 大甕駅以北の区間での垂れ幕の取付図および垂れ幕図面は以下の通りである。

【取付図  
(大甕駅以北)】



【垂れ幕】



17

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

### 6.0.取組の全体像

No.	取組項目	内容
6.1	ドライバー等へのヒヤリハット事象の共有	・運行上事故に繋がる恐れのある事象を共有し、翌日以降の安全運行に繋げるため、毎日の運行終了後にメール等でヒヤリハット事象を共有する。
6.2	チェックリストによるドライバー教育状況の確認	・自動運転に係る操作、実証実験区間の走行環境（リスク箇所、想定事象、迂回ルート等）や緊急時の対応等について、ドライバーが内容を問題なく理解しているか、第三者（日本工営）でチェックリストに基づき車両調律期間の最後に確認する。
6.3	地元住民への注意喚起	・地域住民へ実証実験実施の周知、及び自動運転バスへの注意喚起を図るため、住民へのチラシ配布や、バス停等へのポスター掲示等により広報を行う。
6.4	走路上への人員配置	・小中学校の登下校時間（朝、夕）において専用道内の急な横断の防止や自動運転バス接近の注意喚起のため、誘導員を配置する。

18

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

### 6.1.ドライバー等へのヒヤリハット事象の共有

- ・運行上事故に繋がる恐れのある事象を共有し、翌日以降の安全運行に繋げるため、以下に示す方法でヒヤリハット事象を共有する。

#### ■実施方法

- ・手動介入記録者（日本工営）が日報を記録し、毎日の運行終了後にメール等で共有する。
- ・ヒヤリハット事象の内容、運行時の留意点などについて会議を設定（1月中旬、2月中旬の2回を予定）する。

#### ■共有メンバー

- ・みちのりホールディングス
- ・茨城交通
- ・高度化コンソ（日本工営、産業技術総合研究所、日本自動車研究所、先進モビリティ）
- ・日立市役所

#### ■共有内容

- ・ヒヤリハット事象
- ・BRT走行時の運用面での課題や走行上留意する点
- ・今後気を付けるべき場所 等

19

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

### 6.2. ドライバー教育状況の確認

自動走行時に特に注意しなければならない箇所について、2020年度に運転手等の意見から抽出した。

#### <運行時に留意する事項>



N O	箇所	事象	運行時に留意する事項
1	磯坪バス停南側一般道交差	・ 見通しの悪い一般道との交差	通行する一般車や人がいる場合には留意する。
2	大沼小学校東南側一般道交差	・ 一般道との複雑な形状かつ信号なしでの交差	通行する一般車や人がいる場合には留意する。
3	寺方バス停	・ クランク状の道路形状によるガードレールへの近接	ガードレールに近づきすぎないように留意する。
4	大塚駅ロータリー	・ ロータリー内ガードレールへの近接	ガードレールに近づきすぎないように留意する。ロータリー内の他のバス車両に近づきすぎないように留意する。
5	臨海工場西バス停北側跨線橋前後	・ 跨線橋前後の急カーブにおける側壁への近接	ガードレールに近づきすぎないように留意する。

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

- ・ 実証実験開始前にドライバーへの教育訓練が十分に行われている事を第三者として日本工営職員が確認し、記録する事を目的とする。

#### ■実施日

2022年12月上旬頃（先進モビリティドライバー）

2023年1月下旬頃（茨城交通ドライバー）

#### ■チェック項目

チェック項目	チェック方法
・ 茨城交通貸与の無線通信機器を操作できるか	<input type="checkbox"/> 現物の操作を確認
・ 実証実験区間の運転危険箇所と運転時に留意する事項を理解しているか	<input type="checkbox"/> 地図での確認 <input type="checkbox"/> 実車に同乗し、現地を車内から確認
・ アンダーパス冠水時の迂回ルートを理解しているか	<input type="checkbox"/> 地図上の確認
・ 緊急時の対応（事故発生直後、緊急時対応マニュアル）を理解しているか	<input type="checkbox"/> ヒヤリングで確認
・ 自動運転車の操作（車両起動から自動運転終了までの自動運転に係る操作を実施し、問題なく1運行を走行できているか）の確認	<input type="checkbox"/> 実地で運行状況を確認

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

### 6.3. 地元住民への注意喚起

- 2022年12月、2023年1月の2ヶ月間は、車両・インフラ機器等の調整と技術検証を目的としていることから、一般乗車はなしとしている。
- 実証実験実施の周知、及び自動運転バスへの注意喚起を図るため、以下の方法で広報を行う。
- 住民へ配布するチラシと、バス停等に掲示するポスターは、同一の内容とする。

手法	実施時期
<ul style="list-style-type: none"> <li>広報ひたちでの記事掲載</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>12/5号掲載</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>専用道沿線住民へのチラシ配布</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両調律開始前</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>バス停、掲示板へのポスター掲示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両調律開始前</li> </ul>

**地域交通の未来を支える  
ひたち BRT 区間で自動運転バスの実証実験**

経済産業省と国土交通省の実証実験の一環として、ひたちBRT区間内で自動運転バスの実証実験を行います。期間中、運行ルート周辺を走行する際は、ご注意ください。

**目的** 自動運転バスの制御やサービスのあり方についての検証など

**期間** 12月16日(金)～2月28日(火) (予定)

\*自動運転バスは上記期間中の平日昼間に走行しますが、上記期間や昼間以外でも調整作業のため自動運転バスが走行する場合があります。年末年始の運行は実施しません。  
\*実証実験期間中、ひたちBRTバスは時刻表通りの通り過ぎ運行します。

**走行区間** 河原子BRTバス停から高部駅西口、バス停区間を自動運転により走行します。



写真のようなバスが走行します。  
\*本写真は2020年度に実証実験を行った自動運転バス

**皆さんのお願い**

- 原則乗車はできません。自動運転バスはバス停に停車しますが、当時はバスの制御に関する検証を目的としており、乗車はできませんのでご注意ください。\*今後、乗車実験の実施を検討しています。応募方法などは決まりましたらお知らせいたします。
- バス専用道路内の車道には絶対に入らないください。バス専用道路内の車道への立ち入り、特に車道への飛び出しなどは大変危険です。
- 走行ルート周辺を走行する際は、十分注意してください。自動運転バスには、ドライバーが乗車しており、いつでもハンドル操作などができますが、自動運転バスの走行ルート内にある歩道や交差点では、バスの接近に十分注意してください。

問合せ 日本工営関東交通都市部(業務委託機関) 電話 03-3238-8342  
市部市政課 電話 223 内線 21-7750  
日立市役所 〒317-8601 助川町1-1-1 電話 22-3111 IP 050-5528-5000  
2022.12.5 8

出典：広報ひたち 12/5号

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

- 自動運転バスへの注意喚起を図るため、沿線住民へのチラシ配布や、学校への事前説明等を実施する。
- 実施内容の詳細を以下に示す。

方法	配布・掲示先	対応者	配布物	部数	日程等
配布	ひたちBRT沿線の各住戸等	印刷・配布業者	チラシ(A4)	12,000部	11月下旬～12/9配送
	ひたちBRT沿線の小学校	日本工営		1,700部	12月上旬
掲示	大甕駅待合室	日本工営	ポスター(大判)	100部	12月上旬掲示
	各バス停	茨城交通		18部	12月上旬掲示
	掲示板(大判)	茨城交通		9部	12月上旬掲示
説明(対面)	ひたちBRTサポーターズクラブ *地元自治会、学校関係者等の関係団体で構成する組織	日立市・日本工営			11/25実施



出典：ラクスル株式会社HP

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

### 6.4. 走路上への人員配置

- ・ 実験区間は専用道であるが、一般道との交差点や通学時間帯の安全誘導等が必要となる場所が想定されるため、2019年度の中型バス実証実験期間中に安全対策として路上に誘導員を水木交差点（時間帯に応じて寺方停付近の緑の横断帯に移動）に配置した。
- ・ 2020年度のドライバーヒアリングにおいても継続実施の要望があったことを踏まえ、今年度も誘導員を配置する。
- ・ 2020年度実証実験時の人通り等の実績を踏まえ、**小中学校の登下校時間（朝、夕）**において危険が予見される場合に限り、専用道の急な横断の防止や自動運転バス接近の注意喚起を図るため、**誘導員を配置する。**

(配置時間帯・場所)

朝 ①寺方停付近の緑の横断帯

夕 ②水木交差点



①寺方停付近の緑の横断帯



②水木交差点



24

## 7. 工程計画

- ・ 概略工程は以下に示すとおり。

	10月	11月	12月	1月	2月	3月
実証実験			調律作業	実証実験		
			※12/29~1/4は連休			
連絡会		第1回11/15			第2回	第3回
市広報	[10/28]12/5号原稿〆切		12/5号	実施案内、注意喚起	2/5号	モニター募集
			[12/27]2/5号原稿〆切			
地元説明		地元説明				
試乗モニター			モニター募集(チラシ)		関係者試乗	
					モニター試乗	

25

## 8. 緊急対応

- ・緊急対応方法については、別紙「ひたちBRT（実証実験）緊急時対応マニュアル」（以下、マニュアル）に示す。マニュアルの内容は以下の通り。

### I 対外対応方針と対応フロー

1. 対外対応方針
2. 緊急時ユースケースと第三者委員会開催要否、メディア発表等の対応方針
3. 緊急時対応フロー

### II 対応マニュアル

1. 初動対応と即時通報
2. 事故車移動可否の判断（警察および次交と電話確認）
3. 二次被害発生防止（前頁項目2. と連動要注意）
4. 第1報発信
5. 事故対策会議（第1回）開催
6. 発生状況の詳細確認
7. 発生原因を踏まえた再発防止策の検討と織り込み計画策定
8. 事故対策会議（第2回）開催
9. 第三者委員会による事故原因・再発防止策の監査
10. 事故対策会議（第3回）開催
11. 関係各所への報告・情報発信
12. 関係各所からの問い合わせへの対応
13. 発生事案の報告書作成・報告
14. 自然災害、気象条件による緊急対応

### III 連絡体制図【関係者限り】

1. 連絡体制（事故発生時）
2. 連絡体制（実証実験で運行中、急な悪天候等で通常運行できない場合）
3. 連絡体制（保険）

(2) 緊急対応マニュアル

注) 表紙及び目次のみ掲載する。

関係者外秘

実験計画書 別紙

# ひたち BRT 自動運転実証実験

## 緊急時対応マニュアル

2022.12.09 v25

### 改訂履歴

v23 から v24 へ 2022.12.08

p24 連絡体制図の修正

v24 から v25 へ 2022.12.09

p24 アンダーパス冠水時迂回ルート図追加

p25,26 METI 内連絡優先順位変更

## 目次

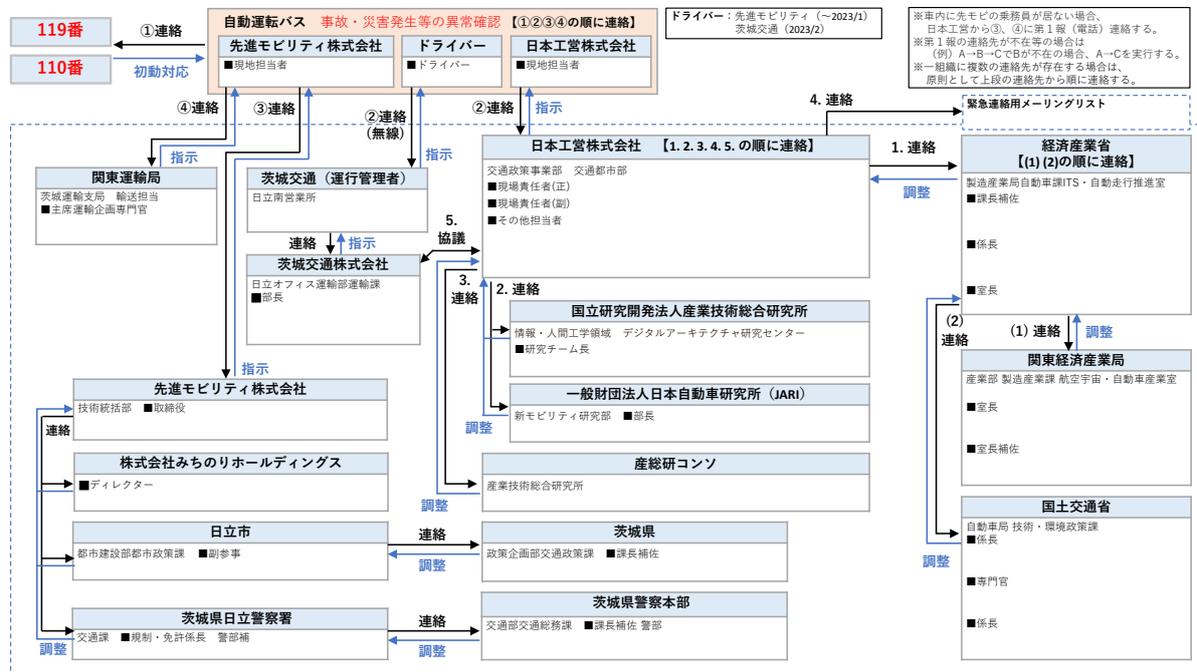
I. 対外対応方針と対応フロー	1
1. 対外対応方針	1
2. 緊急時ユースケースと第三者委員会開催要否、メディア発表等の対応方針	2
3. 緊急時対応フロー	2
II. 対応マニュアル	4
1. 初動対応と即時通報【NK・先モビ（乗務員）、ドライバー】	4
2. 事故車移動可否の判断（警察および交と電話確認）【110番対応者】	5
3. 二次被害発生防止（前頁項目2. と連動要注意）【ドライバー】	6
4. 第1報発信【NK現場責任者】	7
5. 事故対策会議（第1回）開催【座長：NK 石川正樹】	10
6. 発生状況の詳細確認	13
7. 発生原因を踏まえた再発防止策の検討と織り込み計画策定【テーマ2コンソ】	14
8. 事故対策会議（第2回）開催【座長：NK 石川正樹】	15
9. 第三者委員会による事故原因・再発防止策の監査	20
10. 事故対策会議（第3回）開催【座長：NK 石川正樹】	21
11. 関係各所への報告・情報発信	22
12. 関係各所からの問い合わせへの対応	22
13. 発生事案の報告書作成・報告	22
III. 連絡体制図【関係者限り】	24
1. 連絡体制（事故発生時）	24
2. 連絡体制（実証実験で進行中、急な悪天候等で通常運行できない場合）	25
3. 連絡体制（保険）	26

(3) 緊急連絡網

注) 個人名及び連絡先を省いて掲載する。

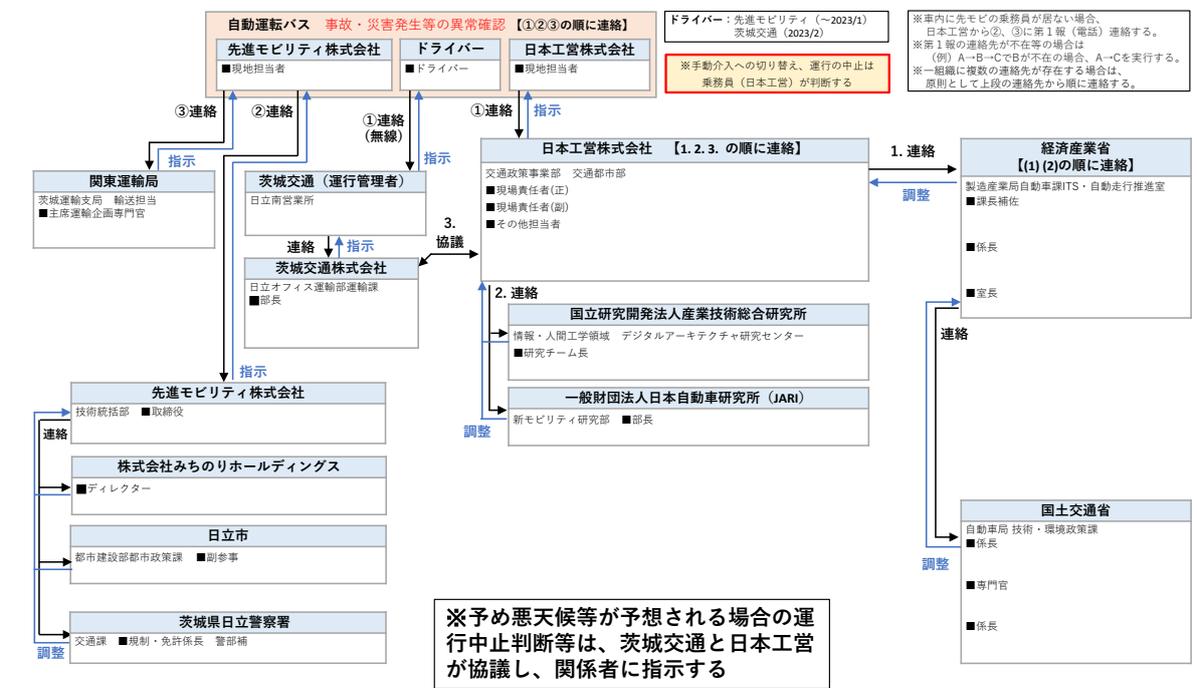
1. 連絡体制 (事故発生時)

別表 関係者外秘

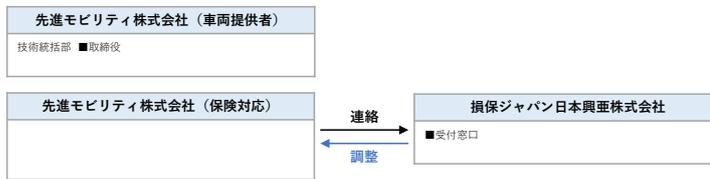


連絡体制 (実証実験で運行中、急な悪天候等で通常運行できない場合)

別表 関係者外秘



■車両保険



■イベント保険（2月実施の体験乗車用）



### 2.3.6. 試乗等実施計画

2月1日～28日にて、関係者試乗及び一般体験試乗を実施した。実施概要を以下に示す。

表 2-26 関係者試乗及び体験乗車の実施概要

	関係者試乗	体験乗車
対象	関係者 (地域関係者、運行管理者、 施設管理者等)	一般の希望者
実施期間	2023年2月1日(水) ～2月3日(金) ※上記期間以外での乗車希望につ いては個別対応	2023年2月6日(月) ～2月21日(火)
実施区間	おさかなセンター～多賀駅前	
乗降場所	おさかなセンター 多賀駅前	おさかなセンター 大甕駅西口 多賀駅前
便数	6便/日	8便/日
定員	22人/便	21人/便
予約方法	関係者に希望を募る	予約サイトまたは電話

#### (1) 関係者試乗

関係者試乗は、事業主体、地域関係者、コンソーシアム企業の関係者、RoAD to the L4 プロジェクト関係者等の試乗機会として、2月1日～3日の3日間で実施した。関係者試乗期間での乗車が困難な場合は、2月6日以降の一般乗車枠での予約を確保し乗車していただいた。3日間で延べ144名の関係者が乗車した。乗車者の主な所属は、経済産業省、国土交通省、警察、日立市（市長、市議を含む）地方自治体、OEM、大学等であった。

関係者試乗の実施計画を以下に示す。

# 関係者試乗 実施計画

## 関係者試乗

### 概要

- 地域関係者の自動運転バスへの理解醸成を図るため、地域関係者を対象に自動運転バスへの試乗を実施する。

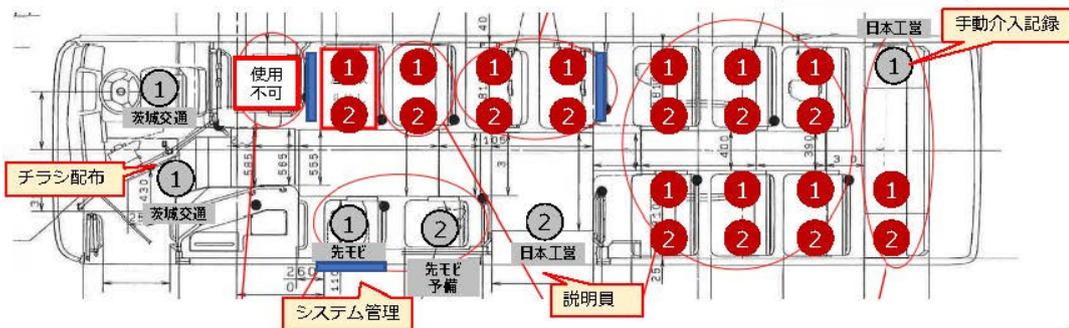
実施期間：2023年2月1日(水)～2月3日(金)

※上記日程で参加できない場合は、体験乗車時に別途予約して乗車していただくことを想定

実施区間：おさかなセンター～多賀駅前

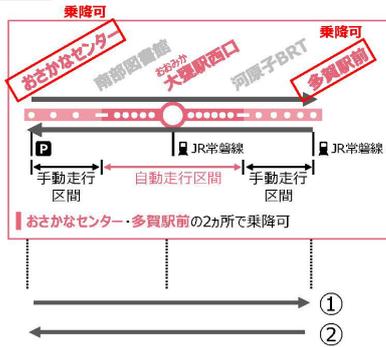
### 乗車人数

- 最大22人



## 関係者試乗

### 区間



- おさかなセンター～多賀駅前全区間に乗車可能とする。
- おさかなセンター・多賀駅前の2カ所で乗降可能とする。

- 左図の①～②を1単位として予約を取りまとめる。
- 往復乗車を希望する場合は、①と②の両方を予約する。

### 運行時刻

	1便	3便	5便	7便
おさかなセンター	8:42	10:25	13:05	15:05
大鷲駅西口	8:55	10:38	13:18	15:18
多賀駅前	9:19	11:02	13:42	15:42

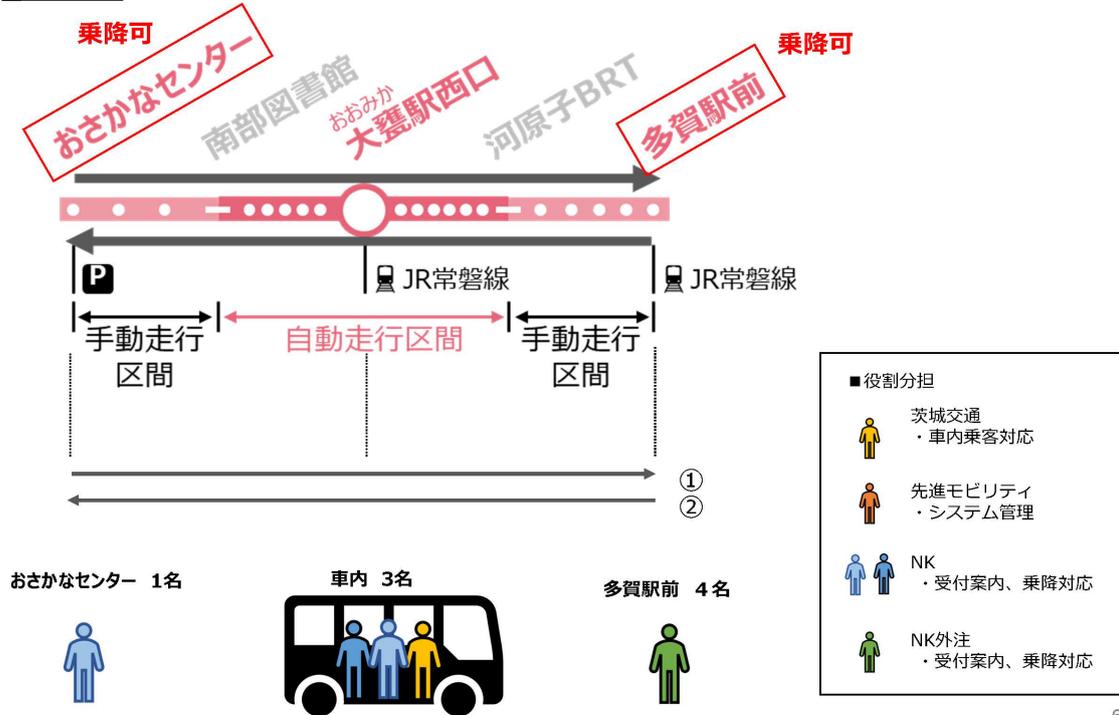
	2便	4便	6便	8便
多賀駅前	9:26	11:26	14:06	16:06
大鷲駅西口	9:50	11:50	14:30	16:30
おさかなセンター	10:03	12:03	14:43	16:43

- 運行時刻は、左表の通りである。
- 朝の1便と夕方の8便を除いた、2便～7便に乗車可能とする。

5

## 関係者試乗

### 人員配置

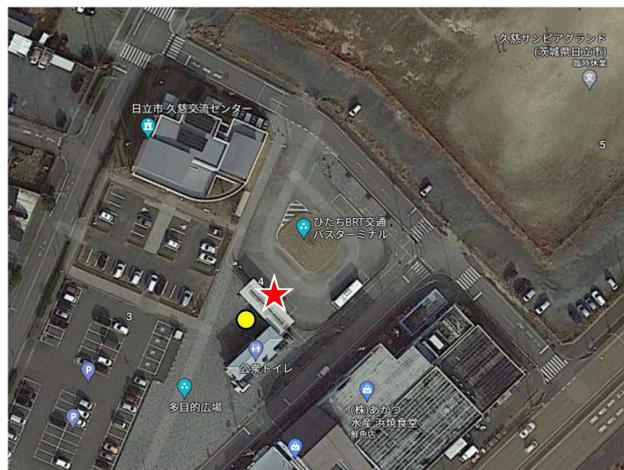


6

## 関係者試乗

### 乗降方法

- 乗車場所 既存路線バスの停留所
- 降車場所 既存路線バスの停留所
- 停留所での受付 停留所に係員が常駐  
(バス停前で画版等を持ち対応。机等は設置しない。)

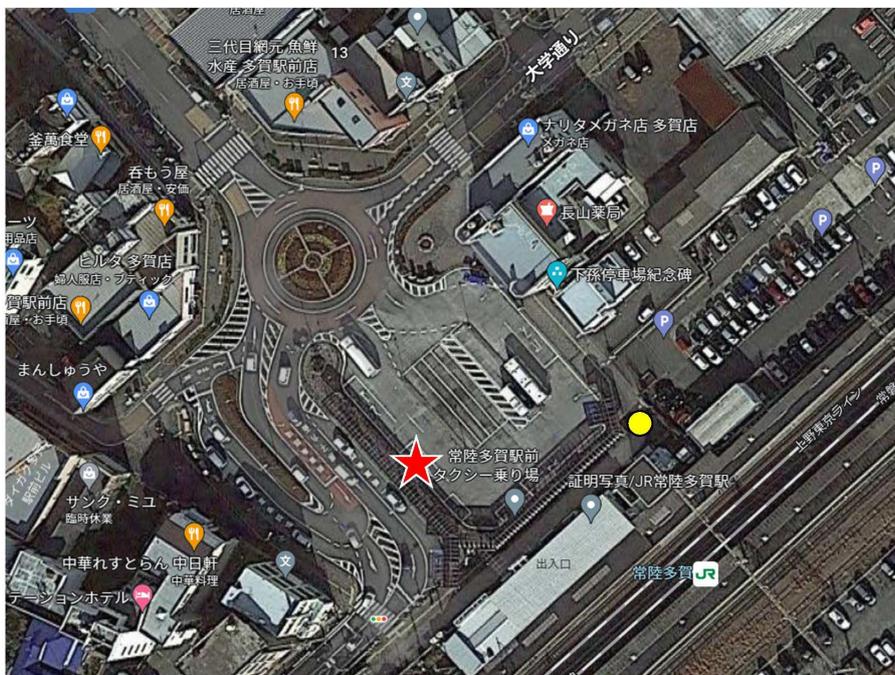


おさかなセンター

- 集合場所 (案)
- ★ 乗降場所 (案)

7

## 関係者試乗



多賀駅前

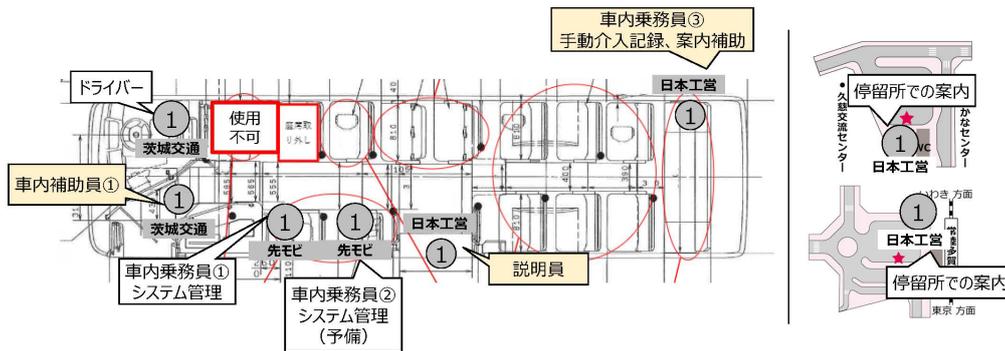
- 集合場所 (案)
- ★ 乗降場所 (案)

8

# 関係者試乗

## 役割分担

役割	担当者	対応場所
ドライバー	茨城交通	車内
車内乗務員① (システム管理)	先進モビリティ	車内
車内乗務員② (システム管理) (予備)	先進モビリティ	車内
車内乗務員③ (手動介入記録)	日本工営	車内
説明員 (実験概要の説明)	日本工営	車内
車内補助員① (チラシ等配布)	茨城交通	車内
車内補助員② (検温、関係者対応等)	日本工営	車内
停留所での案内	日本工営	多賀駅前
停留所での案内	日本工営	おさかなセンター



## (2) 体験乗車

日立市民をはじめとした一般の方々に実際に自動運転車両にご乗車いただき、その概要や安全性について理解を深めていただくため、2月6日～2月21日の平日12日間に体験乗車を実施した。

体験乗車の予約は、予約サイトまたは電話で受け付け、一般希望者の乗車を広く募集した。予約サイトでは、体験乗車の他に、サービス実証に係る体験乗車のインタビュー及びVR実験への参加者も同時に募集した。

体験乗車には、期間外の関係者試乗を含め延べ783名が乗車した。

表 2-27 乗車実績

日程	一般	関係者	合計
2月6日 月	32	0	32
2月7日 火	27	9	36
2月8日 水	47	39	86
2月9日 木	55	20	75
2月10日 金	43	0	43
2月13日 月	32	0	32
2月14日 火	41	7	48
2月15日 水	62	23	85
2月16日 木	63	21	84
2月17日 金	43	29	72
2月20日 月	70	47	117
2月21日 火	59	0	59
2月24日 金	0	10	10
2月27日 月	0	4	4
期間中延べ乗車人数	574	209	783

以下に体験試乗の実施計画を示す。

## 体験乗車 実施計画

10

### 体験乗車

#### 概要

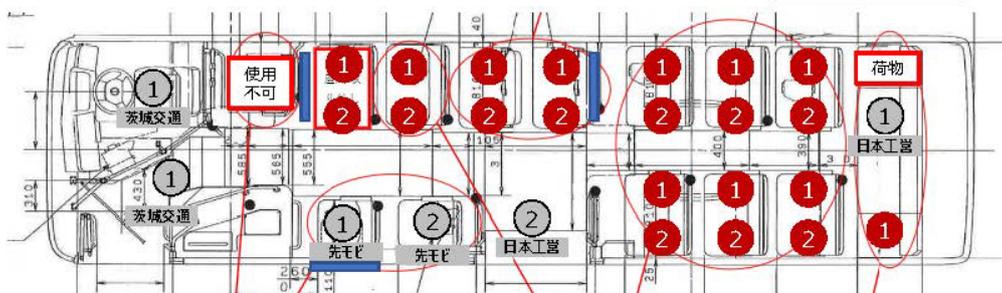
- ・ 広く自動運転バスへの理解醸成を図るため、一般市民を対象に自動運転バスへの試乗を実施する。

実施期間：2023年2月6日(月)～2月21日(火)

実施区間：おさかなセンター～多賀駅前

#### 乗車人数

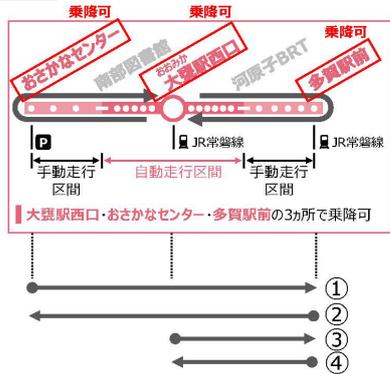
- ・ 最大21人



11

## 体験乗車

### 区間



- おさかなセンター～多賀駅前全区間に乗車可能とする。
- 大鷲駅西口・おさかなセンター・多賀駅前の3カ所で乗降可能とする。

- 左図の①～④を1単位として予約を受け付ける。

### 運行時刻

	1便	3便	5便	7便
おさかなセンター	8:42	10:25	13:05	15:05
大鷲駅西口	8:55	10:38	13:18	15:18
多賀駅前	9:19	11:02	13:42	15:42

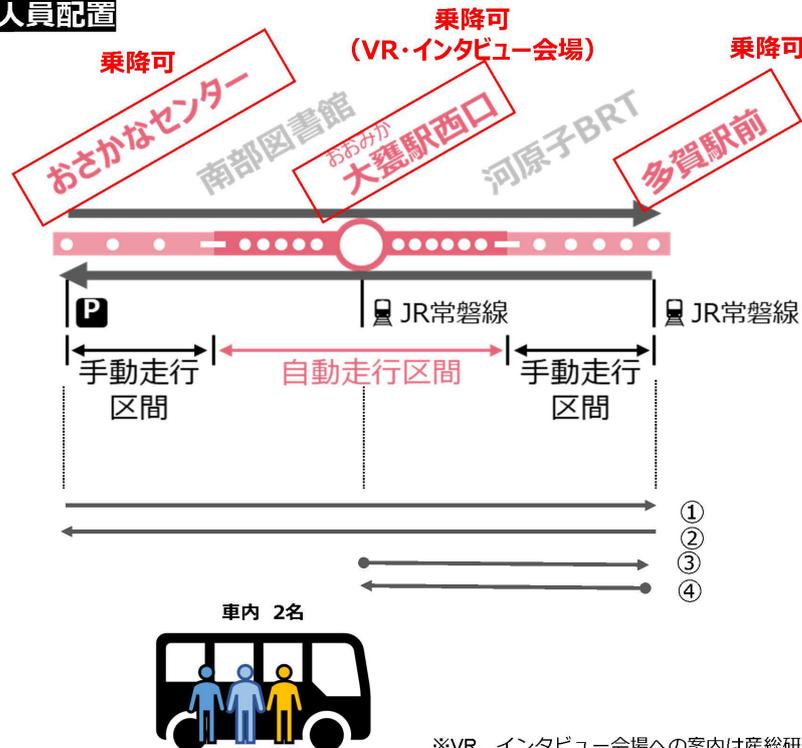
	2便	4便	6便	8便
多賀駅前	9:26	11:26	14:06	16:06
大鷲駅西口	9:50	11:50	14:30	16:30
おさかなセンター	10:03	12:03	14:43	16:43

- 運行時刻は、左表の通りである。
- 1便から8便まで全てに乗車可能とする。

12

## 体験乗車

### 人員配置



※VR、インタビュー会場への案内は産総研様、テクノバ様がそれぞれ対応 13

## 体験乗車

### 乗降方法

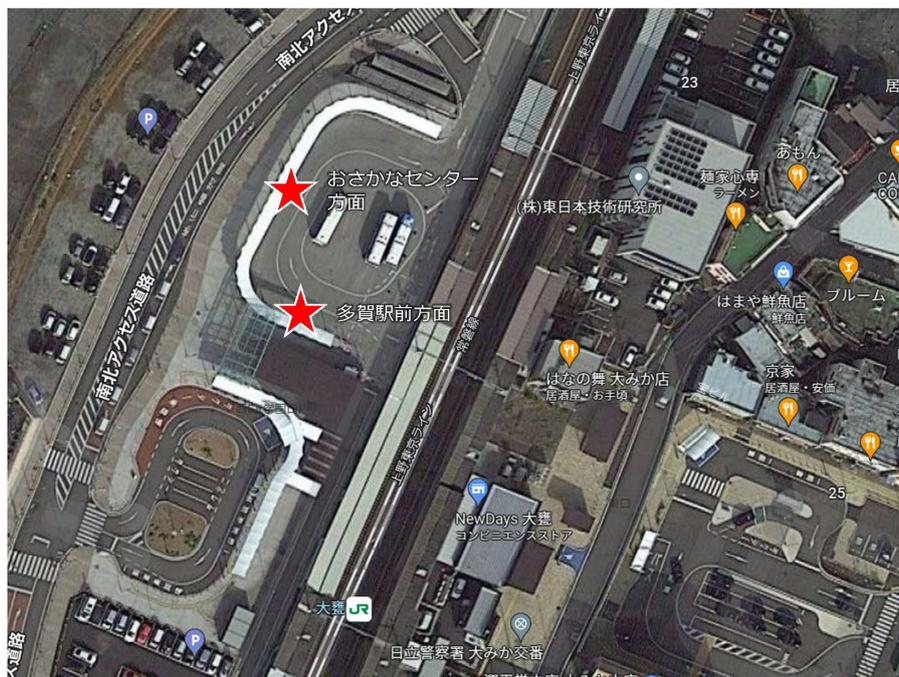
- 乗車場所 既存路線バスの停留所
- 降車場所 既存路線バスの停留所
- 停留所での受付 バス車内の係員が対応（停留所専属の係員は配置しない）



おさかなセンター

14

## 体験乗車

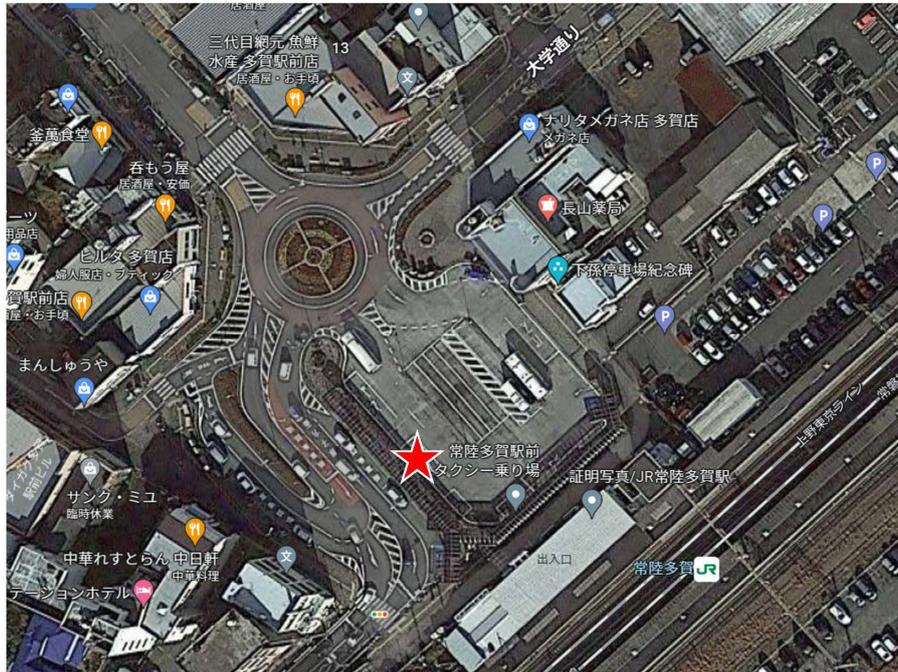


大鷲駅西口

乗降場所 (案)

15

## 体験乗車

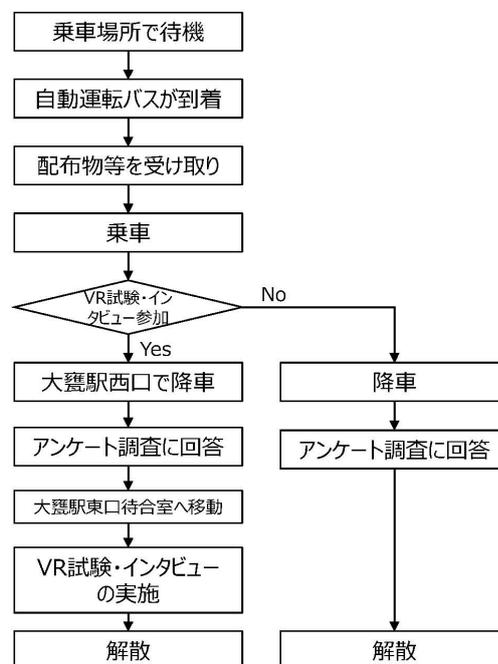


多賀駅前

★ 乗降場所（案）

## 体験乗車

### 当日の予約者の動き

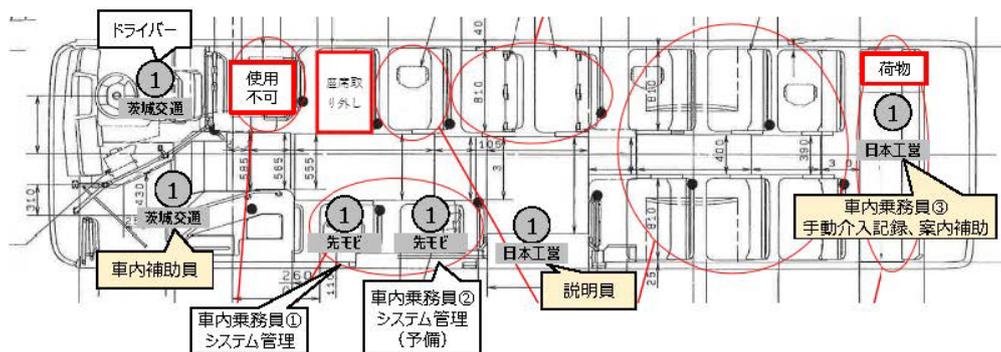


※アンケートは紙とWEB両方で回答可能とする

# 体験乗車

## 役割分担

役割	担当者	対応場所
ドライバー	茨城交通	車内
車内乗務員①（システム管理）	先進モビリティ	車内
車内乗務員②（システム管理）（予備）	先進モビリティ	車内
車内乗務員③（手動介入記録）	日本工営	車内
説明員（実験概要の説明、モニター管理）	日本工営	車内
車内補助員（チラシ等配布、検温）	茨城交通	車内
大塚駅での誘導（VR試験実施日）	産総研 or JARI（調整中）	大塚駅



### 2.3.7. 実証実験の周知

#### (1) チラシ・ポスター

実証実験の開始を周知するとともに、ひたち BRT 走行路を自動運転バスが走行するにあたり、ひたち BRT 利用者及び周辺住民への注意喚起を目的にチラシ・ポスターを作成した。チラシは、大甕駅東口待合所や茨城交通の営業所等に配架した他、沿線住戸へのポスティングを実施した。ポスターは、大甕駅東口待合所やひたち BRT の停留所に掲示した。



図 2-11 チラシのポスティング範囲

# ひたちBRT区間で自動運転バスの実証実験を行います

## 実証実験期間

**2022年12月16日～2023年2月28日【予定】**

- 経済産業省及び国土交通省が実施している実証事業の一環として、自動運転バスの制御に関する検証やサービス面などにおける検証などを目的に、上記期間中、ひたちBRT区間で自動運転バスの実証実験を行います。  
※自動運転バスは上記期間中の平日昼間に走行しますが、上記期間や昼間以外でも調整作業のため走行を行う場合があります。年末年始の間は走行しません。
- 実証実験期間中、**ひたちBRTバスは時刻表の通り運行します。**

### みなさまへのお願い

- 原則乗車はできません！**自動運転バスはバス停に停車しますが、当面はバスの制御に関する検証を目的としており、乗車はできませんのでご注意ください。  
※今後、体験乗車の実施を検討しております。応募方法等決まりましたら市広報等で再度ご案内いたします。
- バス専用道路内の車道には絶対に入らないで下さい！**バス専用道路内の車道への立ち入り、特に車道への飛び出しなどは大変危険です。
- 走行ルート周辺を通行する際は、十分注意して下さい！**自動運転バスには、ドライバーが乗車しており、いつでもハンドル操作等ができますが、自動運転バスの走行ルート内にある歩道や交差点では、バスの接近に十分注意してください。

### 走行する自動運転バス

- 写真のような自動運転バスが走行します。



※上記は2020年度のものです

### 実施体制

- 実施機関：経済産業省製造産業局自動車課、国土交通省自動車局技術・環境政策課
- 問い合わせ先（業務受託機関）：日本工営（株）交通都市部 石川、大澤、田中  
TEL：03-3238-8342（平日9時～17時）／住所：東京都千代田区麹町5-4

### 自動運転バスの走行ルート

**多賀駅～おさかなセンターの区間を走行**  
**河原子BRT～南部図書館の区間を自動走行**



図 2-12 チラシ・ポスター

(2) 日立市報

日立市報の2022年12月5日号に、本実証実験に関する記事を掲載した。紙面は以下の通り。

### 地域交通の未来を支える ひたち BRT 区間で自動運転バスの実証実験

経済産業省と国土交通省の実証事業の一環として、ひたちBRT区間内で自動運転バスの実証実験を行います。期間中、走行ルート周辺を通行する際には、ご注意ください。

**目的** 自動運転バスの制御やサービスのあり方についての検証など

**期間** 12月16日(金)～2月28日(火) (予定)

\* 自動運転バスは上記期間中の平日昼間に走行しますが、上記期間や昼間以外でも調整作業のため自動運転バスが走行する場合があります。年末年始の間は走行しません。  
\* 実証実験期間中、**ひたち BRT バスは時刻表の通り通常運行**します。

**走行区間** 河原子 BRT バス停から南部図書館バス停区間を自動運転により走行します。

**走行ルート図**



写真のようなバスが走行します。  
\* 本写真は2020年度に実証実験を行った自動運転バス

**皆さんへのお願い**

- **原則乗車はできません。**自動運転バスはバス停に停車しますが、当面はバスの制御に関する検証を目的としており、乗車はできませんのでご注意ください。\* 今後、体験乗車の実施を検討しています。応募方法など決まりましたら市報などでお知らせします。
- **バス専用道路内の車道には絶対に入らないでください。**バス専用道路内の車道への立ち入り、特に車道への飛び出しなどは大変危険です。
- **走行ルート周辺を通行する際は、十分注意してください。**自動運転バスには、ドライバーが乗車しており、いつでもハンドル操作などができますが、自動運転バスの走行ルート内にある歩道や交差点では、バスの接近に十分注意してください。

**問合せ** 日本工営株式会社 市部 (業務受託機関) ☎ 03-3238-8342  
市都市政策課 ☎ 内線 223 FAX 21-7750

日立市役所 〒 317-8601 助川町 1-1-1 ☎ 22-3111 IP 050-5528-5000  
2022.12. 5 8

図 2-13 日立市報 (2022 年 12 月 5 日号)

### (3) 車両ラッピング

自動運転車両にラッピングを施した。ラッピングデザインは、過年度を踏襲し、地域住民に対してひたち BRT での自動運転実装に向けた取組の継続性を印象付けるものとした。ラッピングデザインを以下に示す。

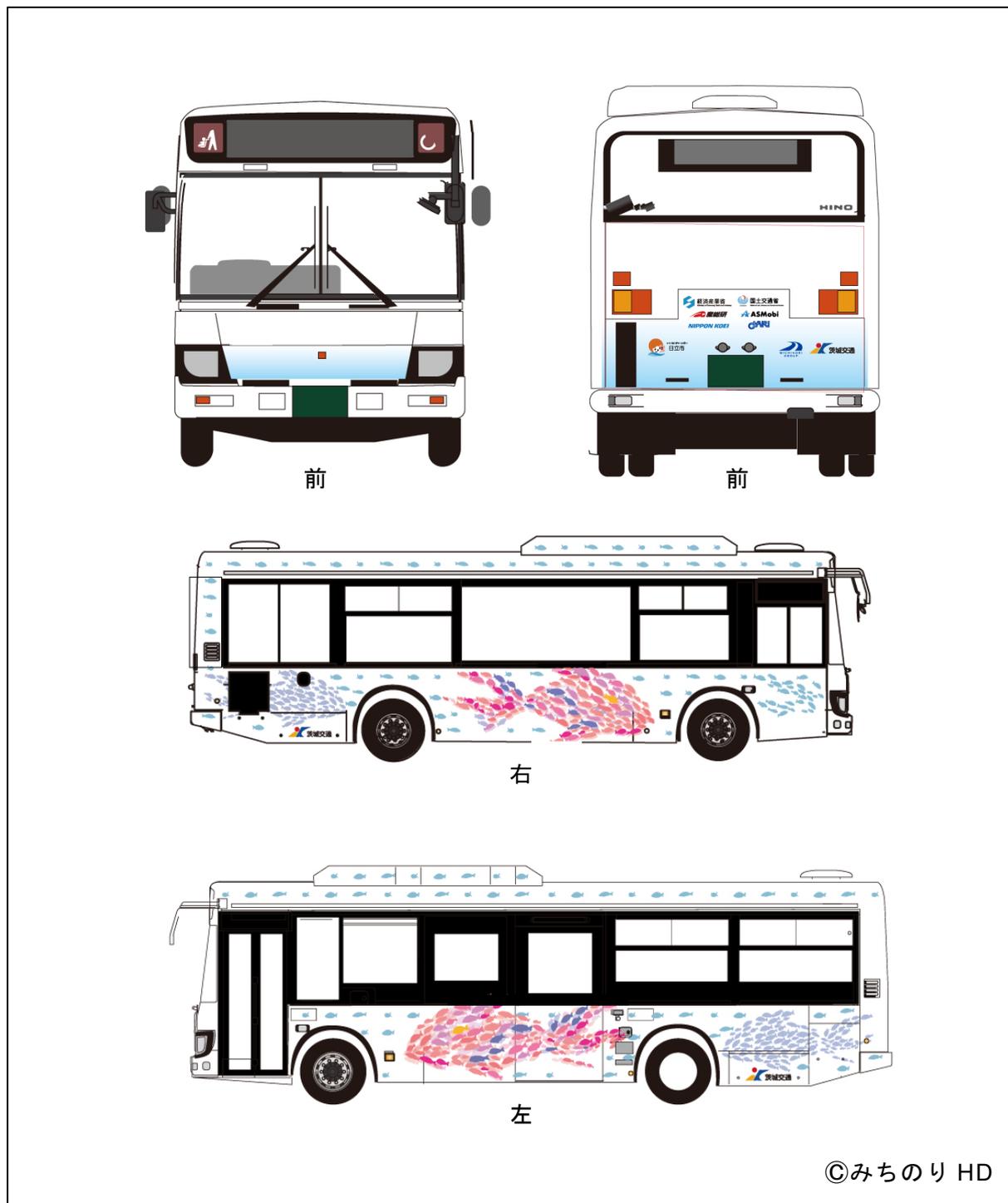


図 2-14 ラッピングデザイン



図 2-15 ラッピング施工結果

#### (4) FM ひたち

2022年12月20日に、FM ひたちで本実証実験に関する放送を実施した。出演者向けに想定問答集を作成し、ひたち FM を通じたひたち BRT 実証実験の周知を支援した。想定問答集、及び放送原稿を以下に示す。

#### 【想定問答集】

日立 FM QA集 : 12/20(火)16:44~10分間

Q1.自動運転のバスがひたち BRT を走行していると聞きましたが、どのような取り組みをされているのか教えてください。

A.将来的な無人の自動運転移動サービスの実現に向けて、経済産業省と国土交通省の事業として、12/16から自動運転バスの実証実験を行っております。

①車両について、実施してきた技術開発が有効かどうかの検証、②ドライバーが不在の場合に、どれくらいの運行時間が必要なのかといったサービスの検証に関するデータ取得を目的に実施いたします。

Q2.いつまで実施されるのでしょうか。

A.12月16日~2月28日まで実施いたします。

Q3.自動運転バスはいつ走っていますか。

A.年末年始を除く、平日に走行しています。通常の路線バスのダイヤの合間をぬって、おさかなセンターから日立多賀駅前の間を朝8時半ごろから16時40分ごろま

で、1日4往復しています。ただし、南部図書館から河原子 BRT の専用道の区間のみ自動で走行し、それ以外の一般道区間は手動で走行します。

**Q4.**自動運転バスということですが、無人で走っているのでしょうか。

**A.**いえ、今年度は無人ではなく運転手が運転席に座っています。運転操作は基本的に自動で行いますが、何かあれば、運転手が手動の走行に切り替え、安全に通行します。

**Q5.**自動運転バスは外からみて見分けが付きますか。

**A.**はい、一般のバスと違い、ピンクや水色の魚のラッピングを施した中型バスで運行しています。自動運転実証実験中と記載してあるので、見つけやすいと思います。

**Q6.**自動運転バスはどのようにして走行しているのでしょうか。

**A.**GNSS という衛星からの情報を利用した測位システムと、バス専用道内の道路に埋め込まれている磁気マーカを使って自分の位置を認識しながら自動走行します。また、バスには多数のカメラやレーダー等のセンサーが搭載されており、信号や障害物を認識して安全に走行します。

**Q7.**これまでもひたち BRT で実証実験が行われてきたと聞いていますが、過去の実証実験と今年度の実証実験では、どこが変わっているのでしょうか。

**A.**車両の機能が向上しています。センサーの障害物を検出する精度の向上、カメラの視野がより広がる等の機能の高性能化、カメラを新たに増設する等、自動運転に必要な機能を向上させています。

**Q8.**自動運転ということで不安を感じる方もいるかと思いますが、安全なのでしょうか。

**A.**自動運転バスは、前方、側方、後方すべてにセンサーや検知カメラを設置しており、周囲の状況を常に把握しながら走っております。また、今回の実証では、運転手も乗車しておりますので、急な飛び出し等についても他の路線バスと同様に、運転手が危険を察知した場合はブレーキを踏む、ハンドル操作をするといった手動介入を行います。機械と人の両方で周囲の確認をしますので、安全性に問題はないと考えております。

**Q9.**実証実験の期間中、自動運転バスに乗ることはできますか。

**A.**現在は、車両の技術的なデータ取得を中心に行っており、一般の方々には乗車いただけなくなっておりますが、2月頃体験乗車いただける機会を準備する方向で検討しております。詳細が決まり次第チラシや市の広報等でお知らせいたします。

**Q10.**将来、ひたち BRT でも無人の自動運転バスが走る日が来るのでしょうか。

**A.**国としての目標は 2025 年ごろに全国 40 か所で無人自動運転移動サービスを実現させる、というのがありますが、ひたち BRT での実現時期はまだ未定です。今年の実証実験の結果も踏まえ、検討することになると思います。

以上

キ:キャスター

森:森田

(R4. 12. 20(火) FM ひたち放送用)

担当者：日立市都市政策課 森田

【自動運転バスの実証実験について】

(キ) 本日は、自動運転バスの実証実験について、ということで、日立市役所都市政策課の森田さんにお越しいただいています。森田さん、よろしくお願いします。

(森) よろしくお願いします。

(キ) さて、自動運転バスの実証実験ということで、こちら、12月5日号の市報にも記事が掲載されていたかと思うのですが、こちらの実証実験は ひたち BRT の区間で実施しているということでしょうか？

(森) はい、今回はひたち BRT の一部の区間にて自動運転の実証実験を行っています。

(キ) そうなんです、ちなみに、もしかしたら、ひたち BRT を知らないという視聴者さんもいらっしゃるかと思いますので、ひたち BRT について教えていただけないでしょうか？

(森) はい、ひたち BRT とは、日立市南部の一部の区間を運行しているバスのことです。普通のバスと比べて、採用している車両や乗り方などはあまり変わらない乗り物ではありますが、大きな違いとして、経路の一部区間が BRT だけが走れるバス専用道となっています。

(キ) バスの専用道というと、あの大甕駅の辺りから常陸多賀駅の間にある道路でしょうか？

(森) はい、イメージいただいている道路で間違いのないと思います。ひたちBRTは、久慈町にある「道の駅日立おさかなセンター」からJR常陸多賀駅までの区間を運行してまして、そのうち、南部図書館から河原子停留所までの区間がBRTバス専用道となっています。

(キ) かなりの区間を専用道で走ることができるんですね。ちなみに、専用道で走ることの利点のようなものはあるのでしょうか？

(森) 基本的には信号や一般車の影響を受けずに走れるので、渋滞に巻き込まれることがなく、通常の路線バスと比べて時刻通りの運行が可能となります。特に道路渋滞が発生しやすい朝夕の時間帯では、約10分に1本の間隔で運行しており、非常に便利に移動できます。

(キ) そうなんです。今回は、そのひたちBRTで自動運転バスを走らせる実証実験を行うということですね。

図 2-16 放送原稿 (1/3)

(森) はい、今回の実証実験は、将来的なひたちBRTにおける自動運転サービスの実現に向けて、国、詳しくは経済産業省と国土交通省が主体となって、自動運転バスの制御やサービスのあり方などを検証するため、実証実験を行っています。

(キ) 自動運転バスが確立されることで、どんな効果があるんでしょうか？

(森) 期待される効果として、現在、社会問題となっている交通事故の削減や、高齢者などの移動手段の確保、バスの運転手不足などの解決が期待できます。

(キ) そうなんです、確かに、高齢化に伴う交通事故などの問題は最近ニュースでも見るようになりましたよね。

(森) そうですね、そうした問題を解消するために、自動運転バスが安全に走行できるよう、バスの車体などに、センサーなどを取り付け、正常に作動するか検証していきます。

(キ) なるほど、ちなみに、自動運転バスの走行期間はいつでしょうか？

(森) もうすでに自動運転バスの走行は始まっておりまして、走行期間は、12月16日(金)から令和5年2月28日(火)までの予定です。ただし、年末年始の12月29日～1月4日までを除く平日のみの走行となります。

(キ) 約2か月間、走行するということですね。走行区間についても教えてください。

(森) 走行区間は、久慈町にあります「道の駅日立おさかなセンター」から「JR常陸多賀駅」までのひたち BRT の運行ルートになります。ルートの中の、南部図書館～河原子停留所までの BRT バス専用道区間は自動運転を行いますが、それ以外の一般道区間は手動運転に切り替えて走行します。

(キ) そうなんです、手動運転するということは、運転手が乗車しているということですね。

(森) はい、今回の実験では、手動運転中は運転手がハンドルを握って運転しますが、自動運転中は、バスに装備されたシステムが進行方向の舵取りと加速、減速を行い、運転手は運転席に座り、常に車両の挙動とシステムの作動状況を監視して、必要に応じて運転操作を行います。

(キ) 今回の実証実験で、ひたちBRTのタイヤが変更になることはありますか？

(森) いえ、自動運転バスは、通常のひたちBRTのタイヤの合間をぬって走行しますので、通常のタイヤには影響を与えません。また、自動運転バスは朝8時半頃から夕方4時40分頃までの一日4往復を走行します。

(キ) 通常のタイヤには影響を与えない、ということですね、また、今回、自動運転バスには乗車できるのでしょうか？

(森) 申し訳ありませんが、自動運転バスには乗車できません。自動運転バスの実証実験中に、バス停留所に停車しますが、実証実験の一環で停車しているだけです、ご注意ください。ようお願いします。また、今後、年明け2月頃には、一般の方向への体験乗車の実施を検討しておりますので、応募方法などが決まり次第、また市報やホームページなどでご案内します。

(キ) わかりました。もしかすると、一般の方でも乗車できるかもしれないということで、気になる方は市報やホームページをチェックしていただければと思います。

(キ) ちなみに、自動運転バスは他のBRTの車両と比べて、何か見た目の違いなどはあるのでしょうか？

(森) 自動運転バスだけの専用ラッピングを施しています。車体は白をベースに、水色とピンクの小さな魚が一面に描かれたデザインで、「自動運転実証実験中」と記載されています。こちらは実証期間中のみ見られるデザインですので、車両に十分ご注意のうえ、ぜひご覧いただければと思います。

(キ) こちらのデザインは、12月5日号の市報にもイメージ写真が掲載されていますよね？とても可愛いデザインなので、ぜひ皆さんご覧になってみてはいかがでしょうか。

(キ) そのほか、何か注意点などはありますか？

(森) 今回の自動運転バスの走行に当たっては、安全に留意して実施してまいります。道路への急な飛び出しや、バス専用道路への立ち入りは大変危険ですのでご注意ください。また、自動運転バスには、ドライバーが乗車しており、いつでもハンドル操作などが可能な状況にあります。自動運転バスの走行ルート内の歩道や交差点を通行される場合は、十分にご注意いただけますよう、ご理解とご協力をよろしくお願いいたします。

(キ) はい、ありがとうございます。それでは最後に一言、お願いします。

(森) 新たなモビリティサービスの実現に向けて、今後も、国の事業に協力していくことで、環境負荷の低減や、移動問題などの社会問題を解決できるように、日立市としても取り組んでいきたいと思っておりますので、今後の日立市にぜひご期待いただければと思います。

(キ) ありがとうございます。本日は日立市役所都市政策課 森田さんにお越しいただきました。森田さん、ありがとうございました。

(森) ありがとうございます。

以上

### 2.3.8. 体験乗車の周知

#### (1) チラシ・ポスター

体験乗車の概要を周知するとともに、体験乗車への申込方法を説明するチラシ・ポスターを作成した。チラシは、大甕駅東口待合所や茨城交通の営業所等に配架した他、沿線へのポスティングを実施した。ポスターは、大甕駅東口待合所やひたち BRT の停留所に掲示した。



図 2-19 チラシのポスティング範囲

# ひたちBRTで自動運転バスへの体験乗車を募集します！

## 体験乗車期間

2023年2月6日(月)～2月21日(火) ※土日・祝日を除く

- ・ 経済産業省及び国土交通省が実施している実証事業の一環として、2022年12月16日より、ひたちBRT区間内で自動運転バスの実証実験を実施しております。この度、皆様に自動運転バスを体験いただくため、上記期間中に体験乗車を実施いたしますので、ぜひご乗車ください！
- ・ 体験乗車と合わせて、自動運転移動サービスに関するアンケート調査や、VR（仮想現実）等を用いた無人自動運転サービスの体験等も実施いたします。内容や予約方法は下記WEBサイトでご確認ください。

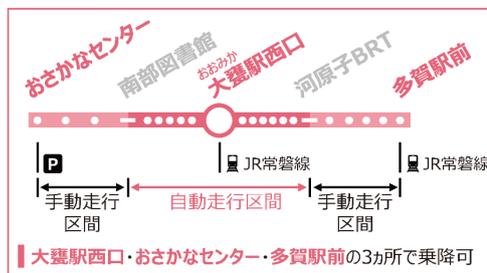
### 実施概要

#### 体験乗車期間

2023年2月6日(月)～2月21日(火)

※土日・祝日を除く

運行区間（詳細はWEBサイトでご確認ください）



#### 運行時刻

	1便	3便	5便	7便
おさかなセンター	8:42	10:25	13:05	15:05
大甕駅西口	8:55	10:38	13:18	15:18
多賀駅前	9:19	11:02	13:42	15:42
	2便	4便	6便	8便
多賀駅前	9:26	11:26	14:06	16:06
大甕駅西口	9:50	11:50	14:30	16:30
おさかなセンター	10:03	12:03	14:43	16:43

#### 運行車両

専用の自動運転車両で運行



運賃 無料

### 予約・乗車方法

**予約方法** 【予約期間：1月20日(金)～2月20日(月)】  
予約期間中、何回でもご予約いただけます。

#### ■インターネット予約

以下のURLより実施内容をご確認いただき、必要事項を記入のうえお申し込み下さい。

<https://www.autonomouscar-t2.com/>



#### ■電話予約（平日9時～17時）

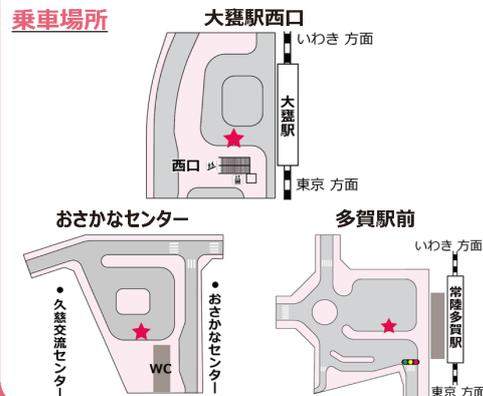
下記問合せ先（03-3238-8342）

へお掛けください。担当者が予約を承ります。

#### 乗車方法

- ・ 乗車前に受付を行いますので、発車10分前までに停留所へお越し下さい。
- ・ アンケート調査等を大甕駅周辺の会場等で実施いたします。詳細はWEBサイトでご確認ください。

#### 乗車場所



### お問合せ

**実施機関** 経済産業省製造産業局自動車課、国土交通省自動車局技術・環境政策課

**問合せ先（業務受託機関）** 日本工営（株）交通都市部 石川、大澤、田中

TEL : 03-3238-8342（平日9時～17時） / 住所：東京都千代田区麹町5-4

図 2-20 チラシ・ポスター

(2) 日立市報

日立市報の2023年2月5日号に、本実証実験の体験乗車に関する記事を掲載した。紙面は以下の通り。



## ひたち BRT 自動運転バスに体験乗車してみませんか？

ひたち BRT 区間内で実証実験をしている自動運転バスの体験乗車を実施します。運賃はかからず、何回でも乗車できますので、ぜひ体験してみてください！

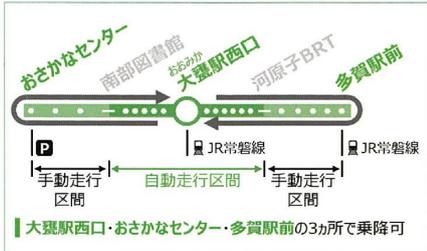
体験乗車期間

# 2月6日(月)～21日(火)

\*土・日曜日、祝日を除く

運行区間

おさかなセンター～大甕駅西口～多賀駅前



■大甕駅西口・おさかなセンター・多賀駅前の3か所で乗降可

運行時刻

おさかなセンター→多賀駅前

	1便	3便	5便	7便
おさかなセンター	8:42	10:25	13:05	15:05
大甕駅西口	8:55	10:38	13:18	15:18
多賀駅前	9:19	11:02	13:42	15:42

多賀駅前→おさかなセンター

	2便	4便	6便	8便
多賀駅前	9:26	11:26	14:06	16:06
大甕駅西口	9:50	11:50	14:30	16:30
おさかなセンター	10:03	12:03	14:43	16:43

乗車場所

①おさかなセンター停留所



②大甕駅西口停留所



③多賀駅前停留所





乗車方法

①前日の正午までに予約

体験乗車の前日の正午までに、次のいずれかの方法で予約してください。\*何回でも予約できます。

インターネット予約

下記QRから申し込んでください。



電話予約

日本工営(株)交通都市部 (業務受託機関)

☎ 03-3238-8342

\*平日午前9時～午後5時

②発車10分前に受付

発車10分前までに停留所へお越しください。バスの到着後に乗務員がお声掛けしますので、受付を済ませてご乗車ください。

運賃 無料

問合せ 日本工営(株)交通都市部 (業務受託機関) ☎ 03-3238-8342 または 市都市政策課 ☎ 内線 223 FAX 21-7750

9 2023. 2. 5

図 2-21 日立市報 (2023年2月5日号)

### (3) Web サイト

体験乗車の概要を周知するとともに、体験乗車への申込を受け付ける Web サイトを作成した。Web サイトは、体験乗車のみを希望する利用者、体験乗車後にグループインタビューへの参加を希望する利用者、体験乗車後に VR 実験への参加を希望する利用者ごとに複数のページを作成し、利用者が過不足のない情報を得られるよう留意した。

Web サイトの画面の例を以下に示す。

## ひたちBRT自動運転実証実験 予約サイト

ホーム

体験乗車のみコース

インタビューコース

VR実験コース

- 経済産業省及び国土交通省が実施している実証事業の  
あります。この反、市民の皆様は自動運転バスを体験  
体験乗車と合わせて、自動運転移動サービスに関する  
たします。

体験乗車のみコース、インタビューコース、VR 実験コースごとにページを作成

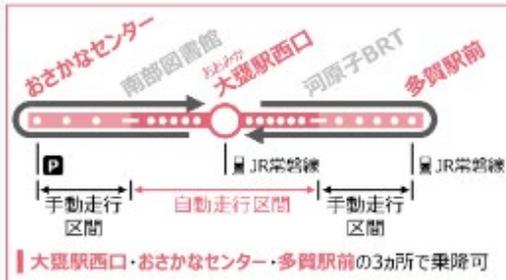
### 実証実験の概要

#### 体験乗車期間

2023年2月6日(月)～2月21日(火)

※土日・祝日を除く

※当初チラシ等でご案内している体験乗車期間から変更となっていますが、ご了承ください。



#### 運行時刻

	1便	3便	5便	7便
おさかなセンター	8:42	10:25	13:05	15:05
大塚駅西口	8:55	10:38	13:18	15:18
多賀駅前	9:19	11:02	13:42	15:42

	2便	4便	6便	8便
多賀駅前	9:26	11:26	14:06	16:06
大塚駅西口	9:50	11:50	14:30	16:30
おさかなセンター	10:03	12:03	14:43	16:43

#### 運行車両

専用の自動運転車両で運行

#### 運賃

無料



図 2-22 Web サイトの画面 (1/2)

## 予約方法

自動運転バスへの乗車のみ「体験乗車のみコース」に加え、乗車後にインタビューに参加いただく「インタビューコース」、VR実験に参加いただく「VR実験コース」をご用意しております。以下からメニューをお選びください。

### 体験乗車のみコース



自動運転バスへの体験乗車のための基本的なコースです。

#### 実施日

2023年2月						
日	月	火	水	木	金	土
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28				

#### 参加費

無料

### インタビューコース



自動運転バスへ体験乗車いただいた後、その感想や自動運転バスの必要性などに関するインタビューにご参加いただくコースです。  
ご協力いただいた方には感謝を申し上げます。

#### 実施日

2023年2月						
日	月	火	水	木	金	土
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28				

#### 参加費

無料

#### 謝礼

3000円（交通費込み・現金払い）

### VR実験コース



自動運転バスへ体験乗車いただいた後、自動運転バスの異常時の対応についてVRで体験するコースです。  
ご協力いただいた方には感謝を申し上げます。

#### 実施日

2023年2月						
日	月	火	水	木	金	土
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28				

#### 参加費

無料

#### 謝礼

1250円（交通費込み・現金払い）

図 2-23 Web サイトの画面（2/2）

(4) FM ひたち

2023年2月に、FM ひたちで本実証実験の体験乗車に関する放送を実施した。放送原稿の作成を支援し、ひたち FM を通じたひたち BRT 実証実験の体験乗車の周知を図った。放送原稿を以下に示す。

【放送原稿】

FM ひたち出演用 QA

【ひたち BRT 自動運転バス実証実験の乗車モニターの募集について】

キャスター…… (キ)

日立市…… (市)

(キ) 本日は、ひたち BRT 自動運転バス実証実験の乗車モニターの募集について、ということで、日立市都市政策課の〇〇さんにお越しいただいています。〇〇さん、よろしくお願いいたします。

(市) よろしくお願ひします。

(キ) さて、自動運転バスの実証実験を 12 月 16 日から実施されるということで、以前この番組でもご紹介させていただいたところですが、2 月 5 日号の市報によると、今回乗車モニターを募集されるそうですね。

(市) はい、市民の皆様にも自動運転バスがどんなものなのか、実際に体験していただきたく、2/21 火曜日まで、乗車モニターを募集いたします。

(キ) そうなんですね、楽しみです。誰でも参加できるんですか？

(市) はい。基本的にはどなたでも無料でご乗車いただけます。ただし、小学生以下の方は保護者の方の同乗が必要です。乗車条件の詳細は予約サイトをご覧くださいと思います。

(キ) 誰でも参加できるのはうれしいですね。予約などは必要でしょうか。

(市) はい、完全予約制となっており、インターネット予約と電話予約があります。2 月 5 日号の市報に予約サイトの QR コードや電話予約の連絡先が載っていますので確認いただければと思います。また、日立市の HP のトップページにも予約サイトのリンクを掲載しております。

(キ) なるほど、インターネット予約と電話予約があるんですね。皆様ぜひ 2 月 5 日号の市報や日立市 HP をご確認くださいと思います。

(キ) 試乗について、詳しくお聞かせいただけますか。自動運転バスはどこを走っているのしょう

か。

(市) 自動運転バスの実証実験は、「道の駅おさかなセンター」から「常陸多賀駅」までを運行していて、そのうち、南部図書館から河原子停留所までを自動運転で運行します。試乗を希望する方は、おさかなセンター、大甕駅、常陸多賀駅にて乗降が可能です。

(キ) なるほど、希望する所で乗り降りができるんですね。

(市) はい、予約時に希望の乗車箇所を伺うようになっていきますので選択いただければと思います。

(キ) 自動運転バスは一日に何くらい走っているのですか。

(市) おさかなセンターから多賀駅間を1日に4往復、8便運行しています。

(キ) たくさん運行しているんですね。どの便も予約可能ですか？

(市) はい、予約で満席になっていなければ、予約することができます。

(キ) もうすでに予約はたくさん入っているのでしょうか。

(市) はい、既に300名以上の方にご予約をいただいておりますが、まだ予約枠に余裕はありますので興味のある方はぜひご応募いただければと思います。

(キ) もう300人以上の方が乗車予定なんですね。興味のある方はお早めにご予約頂ければと思います。

(キ) ○○さんは実際に自動運転バスに乗車されましたか？

(市) はい、先日乗ってまいりました。＜日立市様のご感想をお願いします。以下、例＞自動運転と言われなければわからないくらい、運転手さんが運転する普通のバスと変わらず安定した運行でした。

(キ) すごいですね。私もぜひ乗ってみたいです。

(市) はい、是非たくさんの方に乗っていただきたいと思います。乗車いただいた方にはアンケートをお願いしますので、是非ご協力いただければと思います。率直な感想を伺えると助かります。

(キ) 市報を拝見すると、体験試乗だけでなく、インタビューやVR体験もあるのですか。

(市) はい、乗車いただいた方にはアンケートをお願いしますが、更に深くご意見を伺うため乗車いただいた方にインタビューさせていただくコースも設定しています。また、自動運転車両が実際に導入された場合を想定した車内の案内方法等について VR で体験いただき、どう感じたか感想を聞かせていただく VR 実験コースも設定しています。

(キ) 乗車だけではなく、色々な調査をされるんですね。こちらも同じサイトから申し込むのですか。

(市) はい、同じ予約サイトが窓口になります。こちらは参加に条件もありますので、サイトをよくご確認いただければと思います。また、インタビューコースと VR 実験コースはささやかですが謝礼もご用意しているようです。(or いるとのこと) 定員になり次第締め切りになりますが、是非ご参加いただければと思います。

(キ) 承知いたしました。皆様、インタビューコース、VR 実験コースにご興味ある方はお早めにお申し込みください。

(キ) それでは最後に、一言お願いします。

(市) 自動運転バスは車体は白ベースに、水色とピンクの小さな魚が一面にかかれたデザインです。皆様現地で見つけていただけましたでしょうか。予約限定ですが、実際に自動運転バスがどんなものなのか乗車いただき体験できるいい機会ですので、お誘いあわせの上ぜひ乗車いただければと思います。

(キ) 新しい技術を体感できる機会、楽しみですね。

(市) はい。あらたなモビリティサービスの実現に向けて、今後も国の事業に協力していくことで、環境負荷の低減や、移動問題などの社会問題を解決できるように、日立市としても取り組んでいきたいと思っておりますので、今後の日立市にぜひご期待いただければと思います。

(キ) ありがとうございます。本日は日立市都市政策課〇〇様におこしいただきました。〇〇さん、ありがとうございました。

(市) ありがとうございます。

以上

## 2.4. 実証実験の実施スケジュール

実証実験期間中は、期間ごとに検証内容等を定めて実験を実施した。期間ごとに定めた検証内容等を以下に示す。

12月						
月	火	水	木	金	土	日
			1	2	3	4
			慣熟走行	ルート作成 障害物認識調律		
5	6	7	8	9	10	11
	ルート作成 障害物、信号認識調律		速度制御性能、加速性能、 減速性能の調律			
12	13	14	15	16	17	18
	停車位置、走行位置維持性能の調律		●ドライバー チェック	●評価試験開始	区間走行時分のデータ収集	
19	20	21	22	23	24	25
	区間走行時分のデータ収集 信号認識の検知率の調査、およびデータ取得 バーゲートのデータ取得（認識データ、通過時間）					
26	27	28	29	30	31	
	区間走行時分のデータ収集 信号認識の検知率の調査、およびデータ取得 バーゲートのデータ取得（認識データ、通過時間）					

図 2-24 実施スケジュール（2022年12月）

1月						
月	火	水	木	金	土	日
						1
2	3	4	5	6	7	8
			信号認識の検知率の調査、およびデータ取得 バーゲートのデータ取得（認識データ、通過時間）			
9	10	11	12	13	14	15
	交差点側方からくる車両、歩行者の認識率検証					
16	17	18	19	20	21	22
交差点側方からくる車両、歩行者の認識率検証			総合検証（走行時間、 バーゲート通過時間など）			
23	24	25	26	27	28	29
総合検証（走行時間、バーゲート通過時間など）			茨城交通ドライバー訓練			
30	31					
茨城交通ドライバー訓練						

図 2-25 実施スケジュール（2023年1月）



図 2-26 実施スケジュール (2023年2月)

## 2.5. ひたち安全走行戦略会議の実施

実証実験の実施結果を踏まえ、検証項目のうち、車両技術に関する検証について課題を整理し、対応方針を検討するため、ひたち安全走行戦略会議（車両技術の検証項目に関する打ち合わせ）を実施した。本会議は、1週間に1回の定例会として全12回実施した。以下に、会議参加組織の一覧および開催概要を示す。

表 2-28 ひたち安全走行戦略会議の参加組織

	組織名
コンソーシアム	国立研究開発法人 産業技術総合研究所
	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
	日本工営株式会社 【事務局】

表 2-29 ひたち安全走行戦略会議の開催概要

回数	開催日	議事	開催方法
第1回	令和4年12月15日	(1) 資料説明 (2) 今後の進め方	WEB
第2回	令和5年1月11日	(1) 資料説明 (2) 信号機の認識 (3) 見通しの悪い交差点について (4) その他	WEB
第3回	令和5年1月20日 18:30~20:00	(1) 趣旨説明 (2) 信号認識について (3) 車両制御等に関する確認事項 (4) 今後の会議の進め方について (5) その他	WEB
第4回	令和5年1月27日 17:30~18:30	(1) 趣旨説明 (2) 障害物検知の課題と開発体制について (3) 信号認識について (4) ループコイルについて (5) その他	WEB
第5回	令和5年2月3日 17:30~18:30	(1) 前回扱った以外の、実証実験で見つかった課題 (2) 今後の検討方針 (3) その他	WEB
第6回	令和5年2月10日 17:30~18:30	(1) ブレーキの接触不良 (2) 対向車とのすれ違い後の発進タイミング (3) インフラ連携の実験について (4) Web版セーフティレポートについて (5) 今後の検討体制 (6) その他	WEB
第7回	令和5年2月17日 17:30~18:30	(1) BRT信号通過時の車両制御 (2) 車内安全について (3) GPSの受信不良について (4) その他	WEB

回数	開催日	議事	開催方法
第8回	令和5年2月22日 16:00～17:30	(1) GPSのエラーについて (2) システム構成の現状について (3) 「棚卸し」の実施について (4) インフラ連携について	WEB
第9回	令和5年3月3日 9:30～11:00	(1) 出席者の追加 (2) 走行ビデオを踏まえた課題整理 (3) その他	WEB
第10回	令和5年3月8日 16:00～17:30	(1) 課題とその解析結果について (2) その他	WEB
第11回	令和5年3月15日 16:00～17:30	(1) 課題とその解析結果について	WEB
第12回	令和5年3月27日 9:00～18:30	(1) 課題とその解析結果について	対面 WEB

## 2.6. 関係者協議の実施

実証実験の実施に伴う調整事項等について主催者から地域関係者の皆様へご説明し、実施にあたっての留意点やご意見をいただくこと、地位関係者との継続的な議論により、ひたち BRT における自動運転移動サービスの実装に向けた連携体制を構築することを目的に、茨城県、茨城県警察本部、日立警察署、関東運輸局茨城運輸支局、関東経済産業局、日立市、みちのり HD、茨城交通といった地域関係者が参加する「ひたち BRT 実証実験に係る連絡会」を 3 回実施した。

表 2-30 連絡会の実施概要

回数	開催日	議事	開催方法
第 1 回	令和 4 年 11 月 15 日 10:00～12:00	(1)連絡会の開催趣旨について (2)実証実験計画について (3)意見交換 (4)次回の連絡会開催について	対面 WEB
第 2 回	令和 5 年 2 月 7 日 13:30～15:00	(1)実証実験の実施状況について <ul style="list-style-type: none"> <li>• 実証実験の概要について</li> <li>• 車両技術に関する実証について</li> <li>• インフラ連携に関する実証について</li> <li>• サービス実証について</li> <li>• 広報の実施状況について</li> </ul> (2)意見交換 (3)次回の連絡会開催について	対面 WEB
第 3 回	令和 5 年 3 月 22 日 15:30～17:30	(1)実証実験の実施結果について <ul style="list-style-type: none"> <li>• 実施結果</li> <li>• 今後の課題</li> </ul> (2)意見交換	対面 WEB

## 連絡会の開催趣旨について

### ■Road to the L4プロジェクトの概要

1. Road to the L4プロジェクトとは
2. モデル地域での取り組み
3. Road to the L4 -4つの検討テーマ-

### ■検討会の開催趣旨

4. 検討会の開催趣旨

## 1. Road to the L4 プロジェクトとは

### (1) 意義

- ・本プロジェクトは、CASE、カーボンニュートラルといった自動車産業を取り巻く大きな動きを踏まえて、持続可能なモビリティ社会を目指すもの。
- ・レベル4等の先進モビリティサービスを実現・普及することによって、環境負荷の低減、移動課題の解決、我が国の経済的価値の向上に貢献することが期待される。

### (2) 目標・KPI

- ①無人自動運転サービスの実現及び普及
  - ・2022年度目途に限定エリア・車両での遠隔監視のみ（レベル4）での自動運転サービスを実現
  - ・2025年度までに多様なエリア、多様な車両に拡大し、40カ所以上に展開 他
- ②IoTやAIを活用した新しいモビリティサービス(MaaS)の普及
  - ・地域の社会課題解決や地域活性化に向けて、全国各地でIoTやAIを活用した新モビリティサービスを社会実装
- ③人材の確保・育成
  - ・ハードやソフトといった技術者、地域課題と技術をマッチングする者など、多岐にわたる分野の人材を確保
- ④社会受容性の醸成
  - ・ユーザー視点の分かりやすい情報発信やリアルな体験機会の提供、民事上の責任の整理を通じて自動運転等の正確な理解・関心等を高め、行動変容を促す

### (3) 実施方針

- ・技術開発、調査分析、実証実験にとどまらず、上記に掲げた意義、目標等を踏まえ、レベル4等先進モビリティサービスの社会実装を目指した取組とする。
- ・先進モビリティサービスの社会実装に向けて、プロジェクトコーディネーターのもとで、データ活用・連携、利用者目線での評価などの共通する課題について、情報を共有し、相互に連携しながら取り組む。

## 2.モデル地域での取り組み

### 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



### 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



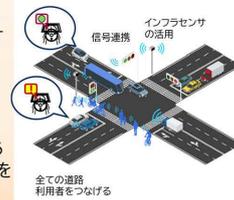
### 第二東名高速

- ・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



### 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



3

## 3. Road to the L4 ~4つの検討テーマ~

### Challenge 1 遠隔監視のみ(レベル4)で自動運転サービスの実現に向けた取組

- ・2022年度を目途に、永平寺町参るーどでの低速自動運転車両を用いた遠隔監視のみ（レベル4）による無人自動運転移動サービスの実現に向け、事業モデルの整理、遠隔監視者のタスク検証等を実施。
- ・レベル4の移動サービス用に量産化を目指した自動運行装置や車両の開発、複数車両の遠隔・管制システムや通信システムの開発に着手し、技術検証を実施。



2022年度目途に限定エリア・車両での遠隔監視のみ(レベル4)を実現



### Challenge 2 対象エリア、車両を拡大するとともに、事業性を向上するための取組

- ・ひたちBRTにおける無人自動運転移動サービスの実現に向けて、ODD設定に応じた自動運転システム（車両・遠隔監視システム等）の開発や安全性評価等を開始。2022年度中には、現地での実証実験を予定。
- ・無人自動運転サービスに関わる多様な事業者で構成されるタスクフォースを設置し、ODDの類型化等に関する検討を開始。2022年度中にODD類型に基づく各種指針のとりまとめを予定。



2020年度ひたちBRTでの実証実験時の様子

タスクフォースの様子

2025年度までに多様なエリアで、多様な車両を用いたレベル4無人自動運転サービスを40カ所以上実現

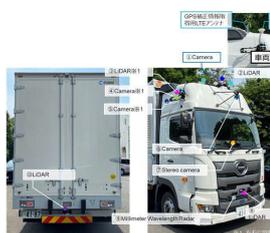


4

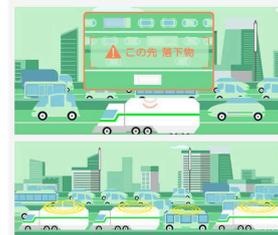
### 3. Road to the L4 ～4つの検討テーマ～

#### Challenge3 高速道路における隊列走行を含む高性能トラックの実用化に向けた取組

- 2025年度頃の高速道路での自動運転トラック（レベル4）の実現を目指し、主に事業モデル検討や走行環境・運行条件等の検討を開始。
- 具体的には、主要物流事業者へのヒアリングを踏まえた事業モデルの検討、及び走行環境・運行条件を検討を通じたリスクの抽出等を実施。



2025年以降に高速道路でのレベル4自動運転トラックや隊列走行を実現

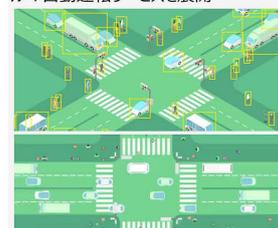


#### Challenge4 混在空間でレベル4を展開するためのインフラ協調や車車間・歩車間の連携などの取組

- 協調型自動運転サービス実現のために、協調型システムが求められるユースケースの整理や協調型システムに求められるインフラ側・車両側の要件やデータ連携スキームの検討を開始。
- レベル4のみならず、歩行者や自転車等の多様な利用者に対しても安全な移動を提供するための協調型システムの要件を検討するため、柏の葉において実証に向けた性能試験を開始。



2025年頃までに協調型システムにより、様々な地域の混在交通下において、レベル4自動運転サービスを展開



5

### 4. 連絡会の開催趣旨

#### (1)連絡会の目的

- 2022年度ひたちBRT実証実験の内容や検証項目、実施に伴う調整事項等について主催者から地域関係者の皆様へご説明し、実施にあたっての留意点やご意見をいただく。
- 地域関係者の皆様との継続的な議論により、ひたちBRTにおける自動運転移動サービスの実装に向けた連携体制を構築する。

#### (2)連絡会の開催時期及び議題

回数	開催時期	議題（案）
第1回	2022年11月15日(火)	<ul style="list-style-type: none"> <li>連絡会開催趣旨について</li> <li>実証実験計画について（実証内容、モニター乗車、広報、安全対策等）</li> <li>意見交換</li> </ul>
第2回	2023年2月上旬を予定	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証実験視察</li> <li>実証実験の実施状況の共有</li> </ul>
第3回	2022年3月中旬を予定	<ul style="list-style-type: none"> <li>検証結果の概要報告</li> </ul>

6

# ひたちBRT実証実験計画書（案）

221115時点版

実施者：日本工営株式会社

## 目次

1. 実施体制	P2
2. 実証実験の概要（目的、実験期間、実験区間、実験車両）	P3
3. 運行方法（運行区間、運行体制、運行ダイヤ、特徴的な取組、コロナ対策等）	P7
4. 事前準備（車両準備、車両調律、ドライバートレーニング、緊急時の情報伝達訓練、関係者試乗等）	P10
5. 検証・評価（検証項目、検証方法）	P15
6. 安全運行体制の構築に向けた取組（ドライバーとのヒヤリハット事象の共有、リスク箇所の事前抽出、ドライバー教育状況の確認、地元住民への注意喚起、走路上への人員配置）	P19
7. 工程計画	P27
8. 緊急時の対応（事故発生時の対応、異常気象時の対応）	P28
9. 故障時・点検時のフロー	P37

# 1. 実施体制

L4プロジェクトの実施主体：経済産業省・国土交通省  
 ひたちBRT実証実験実施体制：下表の通り

関係主体	実証実験の実施・総括	運行方法の検討	車両調達・調律等の事前準備	車検証の書き換え申請・発行	通行許可証の申請・発行	車両の運転	地域住民への注意喚起	安全運行体制の検討・実施	検証項目の設定、実施	実証実験の助言
インシテック	日本工営	○	○				○	○	○	
	先進モビリティ		○	○		○		○	○	
	産業技術総合研究所 日本自動車研究所								○ ○	
施設管理者・運行事業者	茨城交通		○	○	○	○	○	○	○	○
	みちのりホールディングス		○						○	○
	日立市						○		○	○
地域関係者	茨城運輸支局			○ (発行)						○
	茨城県									○
	茨城県警察本部									○
	日立警察署				○ (発行)					○
	関東経済産業局									○

# 2. 実証実験の概要

## 2.1. 実証実験の概要

目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひたちBRTにおける自動運転バスの社会実装に向けた自動運転制御手法の開発（車両・遠隔・インフラ等）・検証及びサービス面の検証等</li> </ul>
実験期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>2022年12月16日（金）～2023年2月28日（火）</li> </ul>
実験走行ルート	<ul style="list-style-type: none"> <li>多賀駅～おさかなセンターの区間のうち、河原子BRT～南部図書館の区間を自動運転レベル2で走行（約6.1kmの専用道空間）</li> </ul>
走行車両	<ul style="list-style-type: none"> <li>エルガミオ（いすゞ自動車）の改造車両</li> <li>自動運転レベル2での走行（乗務員あり）</li> <li>ナンバープレートは白色（一般営業での運行ではない）</li> </ul>
運行ダイヤ等	<ul style="list-style-type: none"> <li>8便（4往復）を平日昼間の現行バス運行ダイヤの間に走行（※年末年始(12/29～1/4)は除く）</li> <li>一般客の運送はなし（モニター乗車は別途検討中）</li> <li>全バス停で停車</li> </ul>
評価項目（概要）	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両走行に関する検証</li> <li>走行時安全性に関する検証</li> <li>サービス面に関する検証 等</li> </ul>



## 2. 実証実験の概要

### 2.2. 実験車両

- ・走行予定車両：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）

※ただし、本年度の実証実験においては安全性を考慮して今年度は立ち席なしで運行予定。



図 走行予定車両のイメージ

出典：みちのりホールディングス

4

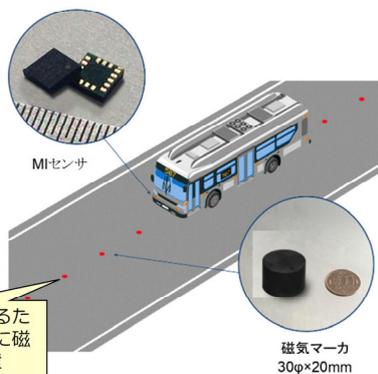
P.5（略）

P.6（略）

## 3. 運行方法

### 3.1. 運行区間

- ・レベル2機能を活用した自動運転走行は、河原子（BRT）から南部図書館までのBRT専用道約6.1kmで実施（当該区間には、車両位置認識のための磁気マークあり。ただし、バスベイや一般道との交差点、緑の横断帯、大甕駅ロータリーには未設置。）。
- ・運行中の転回／待機は、多賀駅ロータリー・おさかなセンターロータリーを予定しているため、全体としては多賀駅からおさかなセンターの区間を走行。
- ・河原子BRTから南部図書館以外は一般道を走行予定。



7

### 3. 運行方法

#### 3.2. 運行体制

ドライバー：運行事業者（茨城交通）の意見を踏まえて走行条件（設定速度等）のブラッシュアップを行うため、以下2社体制で実施予定  
先進モビリティ（～2023年1月末） / 茨城交通（2023年2月）

#### 3.3. 運行ダイヤ

- ・通常運行ダイヤの合間で4往復（8:39～16:40）走行する。
- ・一般客の運送はなし（モニター募集を予定）。
- ・平日のみの運行とする。
- ・専用道区間内の全てのバス停で停車する。
- ・実証実験前の車両調律期間中（12/1～12/16）に、本運行ダイヤの実現性を確認し、本番用のダイヤを再調整する。

表 運転ダイヤ（12月15日まで）

	おさかなセンター		大甕駅西口		河原子(BRT)		多賀駅
1便	8:39	→	8:52	→	9:11	→	9:16
2便	10:00	←	9:47	←	9:28	←	9:23
3便	10:22	→	10:35	→	10:54	→	10:59
4便	12:00	←	11:47	←	11:28	←	11:23
5便	13:02	→	13:15	→	13:34	→	13:39
6便	14:40	←	14:27	←	14:08	←	14:03
7便	15:02	→	15:15	→	15:34	→	15:39
8便	16:40	←	16:27	←	16:08	←	16:03
			13分		19分		5分

8

### 3. 運行方法

#### 3.4. 運行速度

- ・運行速度は、最高約40km/hを予定しており、一般道との交差点等は一時停止する。

#### 3.5. コロナ対策

以下のような新型コロナウイルス感染症対策を実施する

- 関係者は、自宅での検温のうえ、発熱・体調不良の際は乗車を控えていただくよう要請
- 乗車時のマスクの着用の徹底
- 乗車時には検温及び手指の消毒を依頼
- その他、バス協会ガイドラインに基づく感染症予防対策を実施（換気・車両消毒など）
- 緊急事態宣言等が発令された場合は、関係者で対応を協議・判断

9

## 4. 事前準備

### 4.1. 車両搬入、燃料補給【11/15頃 車両搬入予定】

- ・つくばの先進モビリティ社の車庫から自走し、茨城交通日立南営業所へ車両搬入。
- ・燃料（軽油）補給は適宜日立南営業所で行う。

### 4.2. 通行許可証の申請【11/20～11/30頃】

- ・茨城交通は、日立警察署に車検証とドライバー名簿を提出し、通行許可証の申請を行う。（許可証発行まで日立警察署への申請から1週間～10日程度必要）

### 4.3. 車両装飾【11月下旬～12月上旬】

- ・車両調律期間から行先表示（車両前後、左側面）や車両マグネットで車両前後、左右側面に「自動運転実証実験中」と記載し、実証実験実施中であることが認識できるようにする。
- ・一般乗車できないことが分かるようドア付近に「一般乗車できません」と記載したマグネットを貼り付ける。
- ・ラッピングを実施する。



図 車両マグネットの表示内容



図 車両ラッピングのイメージ

出典：みちのりホールディングス

10

## 4. 事前準備

### 4.4. 車両調律

- ・実証実験に向けて、マッピング、速度設定、磁気マーカの走行確認を2週間程度行う。

車両調律の概要	実施時期	備考
マッピング（走行軌跡の作成）	2022年12月1日～2022年12月5日	1週間想定
速度設定	2022年12月5日～2022年12月16日	2週間想定
磁気マーカの走行確認	2022年12月9日～2022年12月16日	2週間想定

### 4.5. ドライバートレーニング【2023年1月頃】

- ・実証実験時の安全な運行に向けて、自動運転に係る操作、実験区間の走行環境（リスク箇所、想定事象、迂回ルート等）や緊急時の対応等について、先進モビリティから茨城交通ドライバーに指導を行う。
- ・ドライバートレーニングはモニター乗車に先立ち実施する。
- ・ドライバートレーニングの実施成果を確認するため、ドライバートレーニングに直接関与していない第三者（日本工営）による、ドライバーの習熟度確認を実施する。

※方法は「8.3. チェックリストによるドライバー教育状況の確認」参照

### 4.6. 車両保管

- ・茨城交通日立南営業所にて保管する
- ・自動運転バス車両の鍵は日立南営業所で保管する

11

## 4. 事前準備

### 4.7. 緊急時の情報伝達訓練（案）

#### (1)目的

交通事故やその他緊急連絡が必要な場面が実証実験期間中に発生した場合に、緊急連絡網が確かに機能するかを確認することを目的として、緊急連絡網確認のための訓練（以下、本訓練）を実施する。

#### (2)実施日時

11月末頃実施予定【調整中】

#### (3)訓練で想定する事象

##### （訓練事象の想定）

2022年xx月xx日（x）xx:xxごろ、磯坪停留所の付近の一般道との交差点において、実験車両が専用道出口を発車後、一般道を走行する自転車と接触する事故が発生した。自転車を運転していた1名が接触時の衝撃により足に軽いけがをしている。救急車の手配および警察への連絡は終了している。実験車両は、ハザードランプを点滅させて、停車中である。事故発生時、実験車両には、茨城交通ドライバーと先進モビリティ、日本工営各1名の計3名が乗車しており、自転車は1名が乗車していた。

##### （本訓練の内容）

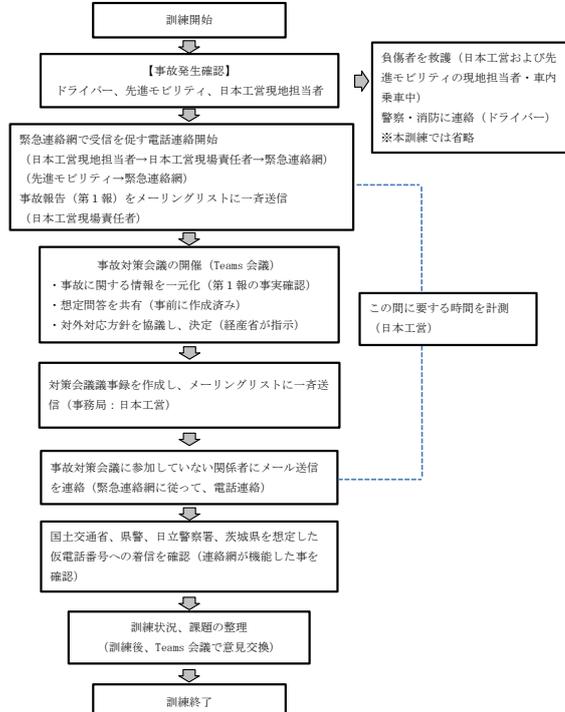
本訓練では、緊急時連絡網に従い、関係者全員による緊急連絡を実施。連絡網および連絡に要する時間を確認し、習熟に向けて課題を明らかにする。

12

## 4. 事前準備

### 4.8. 緊急時の情報伝達訓練（案）

#### (4)実施フロー：



13

## 4. 事前準備

### 4.9. モニター乗車

### 4.10. 一般募集者の予約受付

検討中

### 4.11. 関係者試乗

14

## 5. 検証・評価

### 5.1. 検証項目

検討中

検証項目	内容
5.1.1. 車両技術に関する検証	<ul style="list-style-type: none"><li>自動運転走行の実施による追加所用時間の把握</li><li>夜間走行時の信号認識精度の把握</li><li>自動運転技術の向上に資する、手動介入を要するユースケースの把握</li><li>安全な自動走行を実現に資する、ヒヤリハット事例の発生状況の把握</li></ul> 等
5.1.2. 走行環境に関する検証	<ul style="list-style-type: none"><li>バーゲートに設置する垂れ幕に対する、センサの認識精度の把握 →次頁で説明</li><li>車載カメラの増設による、BRT信号の認識精度の向上度合いを把握</li></ul> 等
5.1.3. 車内安全および遠隔監視に関する検証	<ul style="list-style-type: none"><li>自動運転車両に対応した車内アナウンスの効果検証</li><li>車内トラブル等への遠隔対応方法に対する社会受容性の把握</li><li>自動運転車両に対応した車外案内の効果検証</li><li>遠隔監視者の負担や疲労感の把握</li></ul> 等
5.1.4. サービスに関する検証	<ul style="list-style-type: none"><li>ひたちBRT利用者、非利用者どちらも含む地域住民を対象とした、自動運転車両実装に対する受容性の把握</li><li>ひたちBRT利用者を対象とした、自動運転車両が実装されることによるサービスの変化に対する受容性の把握</li></ul>

15

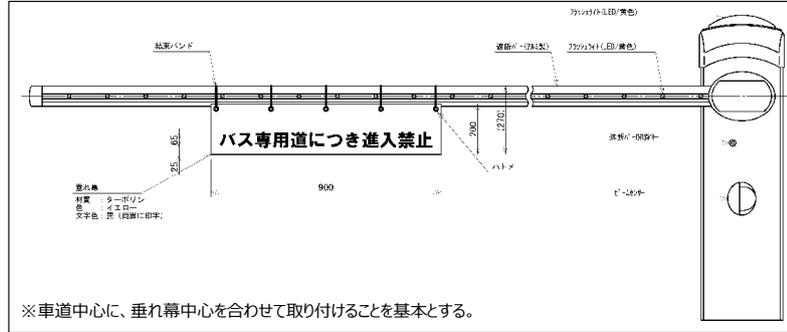
## 5. 検証・評価

### 5.1.2. 走行環境に関する検証

#### ○バーゲートへの垂れ幕設置概要

- ・ **大甕駅以南**の区間での垂れ幕の取付図および記載内容は以下の通りである。

##### 【取付図（大甕駅以南）】



##### 【垂れ幕】



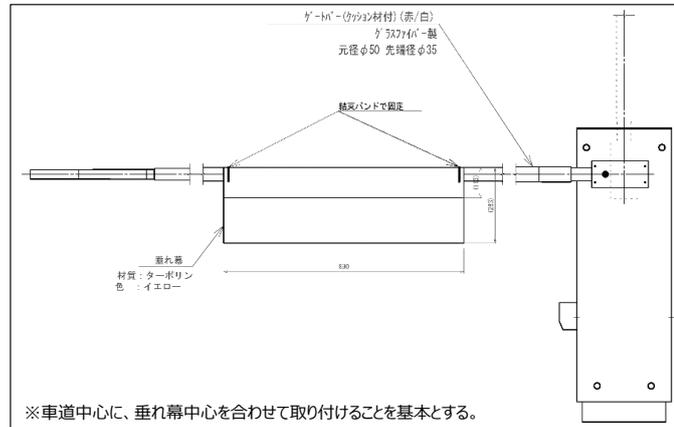
16

## 5. 検証・評価

#### ○バーゲートへの垂れ幕設置概要

- ・ **大甕駅以北**の区間での垂れ幕の取付図および垂れ幕図面は以下の通りである。

##### 【取付図 （大甕駅以北）】



##### 【垂れ幕】



17

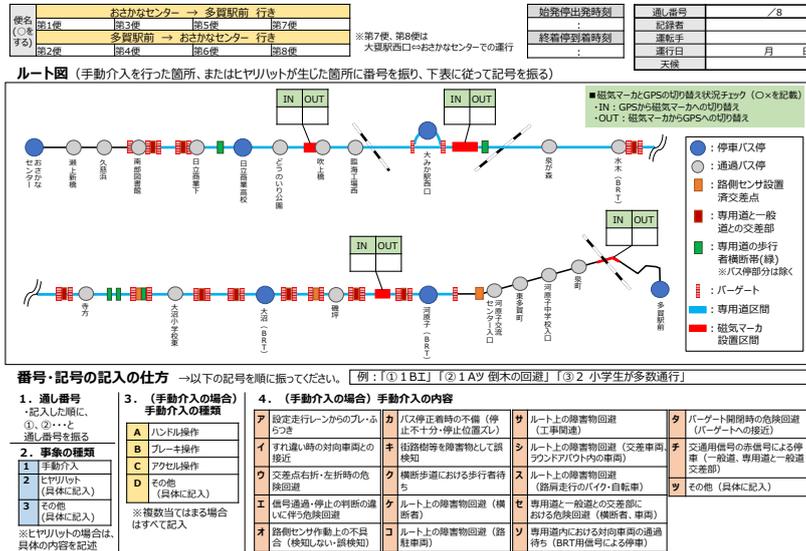
## 5. 検証・評価

### 5.2. 日報による手動介入やヒヤリハットの検証

- ・ 運行便ごとに先進モビリティが手動介入やヒヤリハット等の記録を記入する。
- ・ 入力フォームや記録の分析は日本工営で実施する。

(参考) 2020年度の入力フォーム

2022年度版を  
作成中



18

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

### 6.0. 取組の全体像

No.	取組項目	内容
6.1	ドライバー等へのヒヤリハット事象の共有	・ 運行上事故に繋がる恐れのある事象を共有し、翌日以降の安全運行に繋げるため、毎日の運行終了後にメール等でヒヤリハット事象を共有する。
6.2	リスク箇所の事前抽出	・ 自動走行時に特に注意しなければならない箇所について、2020年度に運転手等の意見から事前に抽出する。
6.3	チェックリストによるドライバー教育状況の確認	・ 自動運転に係る操作、実証実験区間の走行環境 (リスク箇所、想定事象、迂回ルート等) や緊急時の対応等について、ドライバーが内容を問題なく理解しているか、第三者 (日本工営) でチェックリストに基づき車両調律期間の最後に確認する。
6.4	地元住民への注意喚起	・ 地域住民へ実証実験実施の周知、及び自動運転バスへの注意喚起を図るため、住民へのチラシ配布や、バス停等へのポスター掲示等により広報を行う。
6.5	走路上への人員配置	・ 小中学校の登下校時間 (朝、夕) において専用道内の急な横断の防止や自動運転バス接近の注意喚起のため、誘導員を配置する。

19

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

### 6.1. ドライバー等へのヒヤリハット事象の共有

- ・ 運行上事故に繋がる恐れのある事象を共有し、翌日以降の安全運行に繋げるため、以下に示す方法でヒヤリハット事象を共有する。

#### ■実施方法

- ・ 手動介入記録者（日本工営）が日報を記録し、毎日の運行終了後にメール等で共有する。
- ・ ヒヤリハット事象の内容について、ドライバー教育の際に改めて共有する。

#### ■共有メンバー

- ・ みちのりホールディングス
- ・ 茨城交通
- ・ 高度化コンソ（日本工営、産業技術総合研究所、日本自動車研究所、先進モビリティ）
- ・ 日立市役所

#### ■共有内容

- ・ ヒヤリハット事象
- ・ BRT走行時の運用面での課題や走行上留意する点
- ・ 今後気を付けるべき場所 等

20

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

### 6.2. リスク箇所の事前抽出

自動走行時に特に注意しなければならない箇所について、2020年度に運転手等の意見から事前に抽出した。



21

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

### 6.2. リスク箇所の事前抽出

自動走行時に特に注意しなければならない箇所について、2020年度に運転手等の意見から事前に抽出した。

	NO	箇所	往路	復路	事象	バスの機能と現地確認等での判断	対応案
常陸多賀駅方面 ↓ 往路 BRT専用道区間 ↓ 復路 ↓ おさかなセンター	1	磯坪バス停南側一般道交差	○	○	・見通しの悪い一般道との交差	▲通行する一般車や人がいる場合には留意する。	ドライバー教育の重点箇所
	2	大沼小学校東南側一般道交差	○	○	・一般道との複雑な形状かつ信号なしでの交差	▲通行する一般車や人がいる場合には留意する。	ドライバー教育の重点箇所
	3	寺方バス停	○	○	・クランク状の道路形状によるガードレールへの近接	▲ガードレールに近づきすぎないように留意する。	ドライバー教育の重点箇所
	4	大鷲駅ロータリー	○	○	・ロータリー内ガードレールへの近接	▲ガードレールに近づきすぎないように留意する。ロータリー内の他のバス車両に近づきすぎないように留意する。	ドライバー教育の重点箇所
	5	臨海工場西バス停北側跨線橋前後	○	○	・跨線橋前後の急カーブにおける側壁への近接	▲ガードレールに近づきすぎないように留意する。	ドライバー教育の重点箇所

2022年度版を作成中

22

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

### 6.3. チェックリストによるドライバー教育状況の確認

・ドライバートレーニングにおいて、自動運転に係る操作、実証実験区間の走行環境（リスク箇所、想定事象、迂回ルート等）や緊急時の対応等について、先進モビリティからドライバーに指導を行っているが、内容を問題なく理解しているか第三者（日本工営）でチェックリストに基づき車両調律期間の最後に確認する。

#### ■実施日

2022年12月上旬頃（先進モビリティドライバー）

2023年1月下旬頃（茨城交通ドライバー）

#### ■チェック項目

チェック項目	チェック方法
・無線機の使用方法を理解しているか。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実地でヒアリングし確認</li> </ul>
・実験区間の走行ルートや車両転回場所までのルートを理解しているか。	
・事前抽出したリスク箇所を把握しているか。	
・緊急時の対応に備え、実験区間内の退避場所や迂回ルートを把握しているか。	
・緊急時の対応フローを理解しているか。	
・車両起動から自動運転終了までの自動運転に係る操作を実施し、問題なく1運行を走行できているか。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実地で運行状況を確認</li> </ul>

23

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

### 6.4. 地元住民への注意喚起

- 2022年12月、2023年1月の2ヶ月間は、車両・インフラ機器等の調整と技術検証を目的としていることから、一般乗車はなしとしている。
- 実証実験実施の周知、及び自動運転バスへの注意喚起を図るため、以下の方法で広報を行う。
- 住民へ配布するチラシと、バス停等に掲示するポスターは、同一の内容とする。

手法	実施時期
<ul style="list-style-type: none"> <li>広報ひたちでの記事掲載</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>12/5号掲載</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>専用道沿線住民へのチラシ配布</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両調律開始前</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>バス停、掲示板へのポスター掲示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両調律開始前</li> </ul>

ひたちBRT区間で自動運転バスの実証実験を行います

実証実験期間

2022年12月16日～2023年2月28日【予定】

- 経済産業省及び国土交通省が実施している実証事業の一環として、自動運転バスの制御に関する検証やサービス面などにおける検証などを目的に、上記期間中、ひたちBRT区間内で自動運転バスの実証実験を行います。
- ※自動運転バスは上記期間中の平日昼間に走行しますが、上記期間中や昼間以外でも調整作業のため走行を行う場合があります。年末年始の間は走行しません。
- 実証実験期間中、ひたちBRTバスは時刻表の通り運行します。

みなさまへのお願い

- 原則乗車はできません！自動運転バスはバス停に停車しますが、当座はバスの制御に関する検証を目的としており、乗車はできませんのでご注意ください。
- ※今後、体験乗車の実施を検討しております。応募方法等決まりましたら市広報等で再度ご案内いたします。
- バス専用道路内の車道には絶対に入らないで下さい！バス専用道路内の車道への立ち入り、特に車道への飛び出しなどは大変危険です。
- 走行ルート周辺を通行する際は、十分注意して下さい！自動運転バスには、ドライバーが乗車しており、いつでもハンドル操作等ができますが、自動運転バスの走行ルート内にある歩道や交差点では、バスの接近に十分注意してください。

自動運転バスの走行ルート

多賀駅～おさかなセンターの区間を走行  
河原字BRT～岡部岡西間の区間を自動走行



走行する自動運転バス

- 写真のような自動運転バスが走行します。



※上は2020年製のものです

実施体制

- 実施機関：経済産業省製造産業局自動車課、国土交通省自動車局技術・環境政策課
- 問い合わせ先（業務受託機関）：日本工営（株）交通部 石川、大澤、田中 TEL：03-3238-8342（平日9時～17時）

24

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

### 6.4. 地元住民への注意喚起

- 自動運転バスへの注意喚起を図るため、沿線住民へのチラシ配布や、学校への事前説明等を実施する。
- 実施内容の詳細を以下に示す。

方法	配布・掲示先	対応者	納品物	納品部数	日程等
配布	ひたちBRT沿線の各住戸等	印刷・配布業者	チラシ (A4)	12,000部	12/2配送
掲示	大甕駅東口待合所	日立市にて確認中		50部程度	11月下旬掲示
	各バス停	茨城交通		全18部	11月下旬掲示
	掲示板（大判）	茨城交通	ポスター（大判）	9部	11月下旬掲示
説明（対面）	ひたちBRTサポーターズクラブ *地元自治会、学校関係者等の関係団体で構成する組織	日立市・日本工営			11/25実施



図 チラシの配布先（案）

出典：ラクスル株式会社HP

25

## 6. 安全運行体制の構築に向けた取組

### 6.5. 道路上への人員配置

- ・実験区間は専用道であるが、一般道との交差点や通学時間帯の安全誘導等が必要となる場所が想定されるため、2019年度の中型バス実証実験期間中に安全対策として路上に誘導員を水木交差点（時間帯に応じて寺方停付近の緑の横断帯に移動）に配置した。
- ・2020年度のドライバーヒアリングにおいても継続実施の要望があったことを踏まえ、今年度も誘導員を配置する。
- ・2020年度実証実験時の人通り等の実績を踏まえ、**小中学校の登下校時間（朝、夕）**において危険が予見される場合に限り、専用道の急な横断の防止や自動運転バス接近の注意喚起を図るため、**誘導員を配置する。**

（配置時間帯・場所）

**朝** ①寺方停付近の緑の横断帯

**夕** ②水木交差点



①寺方停付近の緑の横断帯



②水木交差点



26

## 7. 工程計画

- ・概略工程は以下に示すとおり。

	10月	11月	12月	1月	2月	3月
実証実験	検討項目概要決定		調律作業	実証実験 ※12/29～1/4は運休		
連絡会	第1回11/15				第2回	第3回
市広報	[10/28]12/5号原稿〆切	12/5号	[12/8]1/20号原稿〆切	1/20号	実施案内、注意喚起 モニター募集	
地元説明		地元説明				
モニター	モニター実施方針検討 (募集範囲・期間、広報の方法等)			モニター募集案内	関係者試乗	一般募集モニター試乗

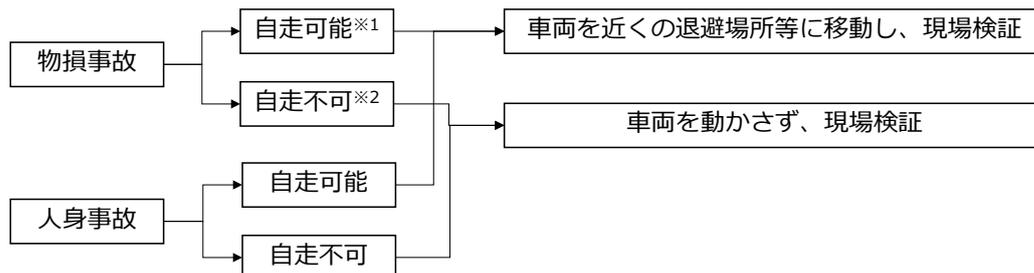
27

## 8. 緊急時の対応

### 8.1. 事故発生時の対応

#### ○現場での対応方針

- 実証実験中に事故が発生した場合の現場での初期対応は乗務員（日本工営）が実施。
- 事故が発生した際は、以降の運行を停止する。事故状況を確認した上で、直ちに警察・消防へ連絡し、警察による現場検証を実施。
- 警察・消防への連絡後、連絡体制に沿って関係者へ連絡を行う。なお、連絡順序は連絡体制（事故発生時）に記載の順とする。
- 物損事故、人身事故に関わらず、車両が自走可能な場合は、車両を近くの退避場所等に移動し、現場検証を行う。



※ 1（自走可能）：縁石・ガードレールへの接触やバス同士のすれ違い時の接触等で車両本体の大きな損傷がなく、通常の走行が可能な軽微な事案

※ 2（自走不可）：車両破片の散乱やエンジンがかからない等、車両本体に損傷があり、通常の走行が不可能な事案

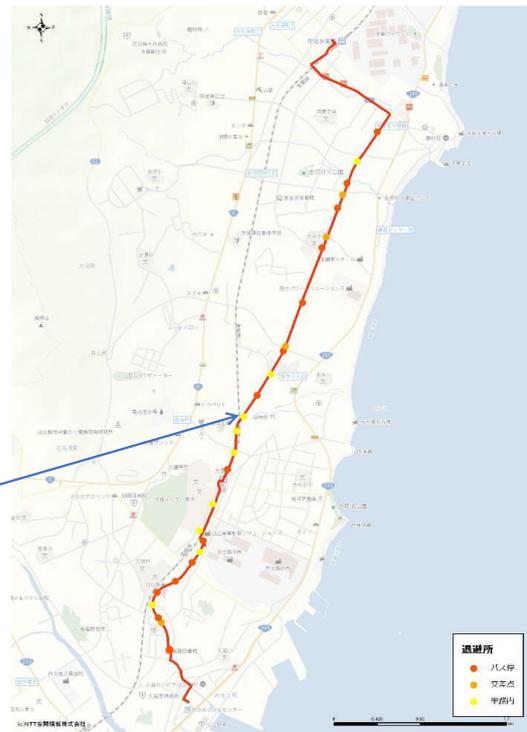
28

## 8. 緊急時の対応

### （参考）退避場所

ひたちBRT専用道は大半が1車線で構成されるため、車両が自走可能な場合は、最も近い待避所へ車両を移動し、一般路線バスの運行への影響を最小限とする。

退避所（バス停併設）	14箇所
退避所（交差点併設）	4箇所
退避所（単路内）	9箇所



29

P30（略）

## 8. 緊急時の対応

### ○対外対応方針

タイミング	対応事項	対応者						
		日本工営	茨城交通	先進モビリティ	コンソ	経済産業省	国土交通省	日立市
事故発生直後～ 10分以内	1.初動対応と即時通報	○		○				
	2.二次被害発生防止		○	○				
	3.第一報発信（メーリングリスト）	○						
	・実証実験は原則、一時中断。	○						
(15分以内に招集) ～30分以内に終了	4.事故対策会議（第1回）開催 ・同上会議にて対外対応方針を協議し、決定、情報の一元化等	○	○	○	○	○	○	○
30分以内	5.発生原因の調査	○		○				
60分以内	6.発生原因を踏まえた再発防止策の検討と織り込み計画策定	○		○	○	○	○	○
	7.事故対策会議（第2回）開催	○	○	○	○	○	○	○
	・運行再開・中断等を判断					○		
	・プレスリリース等を実施。	○						
24時間以内目途	8.第三者（事故調査委員会（仮称））開催。	○		○	○	○	○	○
72時間以内目途	9.事故対策会議（Teams会議：第3回）開催。	○	○	○	○	○	○	○
	・実験再開の可否判断（中断していた場合）					○		
96～120時間 以内目途	10.関係各所への報告・情報発信	○						
	11.関係各所からの問い合わせへの対応	○						
	12.発生日案の報告書作成・報告	○		○	○	○	○	○

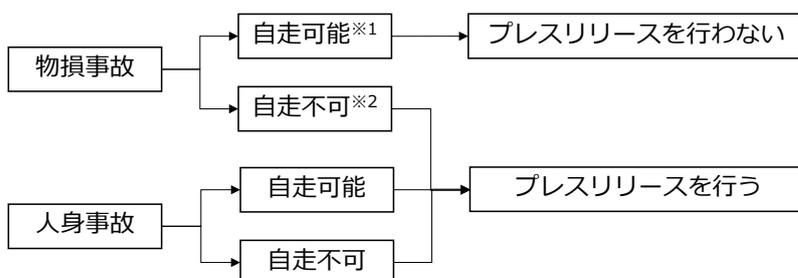
※事故調査委員会および事故対策委員会のメンバーについては検討中

31

## 8. 緊急時の対応

### ○プレスリリースの対応方針

- ・物損事故で自走可能な軽微な事案の場合は、プレスリリースを行わない。
- ・物損事故で自走不可の場合や人身事故の場合は、プレスリリースを日本工営が行う。



※1（自走可能）：縁石・ガードレールへの接触やバス同士のすれ違い時の接触等で車両本体の大きな損傷がなく、通常の走行が可能な軽微な事案

※2（自走不可）：車両破片の散乱やエンジンがかからない等で車両本体に損傷があり、通常の走行が不可能な事案

32

## 8. 緊急時の対応

### ○連絡用フォーマット

- ・連絡用文書について、第1報は先進モビリティで作成し、以降は日本工営で更新する。
- ・連絡用文書には以下の事項を記載する。

1. 発信者（所属、運転者名、車両番号）
2. 発生概要（事故の種類、発生日時、場所等）
3. 被害状況（人的被害、物的被害）
4. 通報状況
5. 事故の概要（発生状況、発生箇所、損傷状況）  
※発生場所、状況は地図、写真等の画像を適宜添付
6. 事故の対応
7. 今後の対応

- ・連絡用文書は関係者間で共有する。

様式 実証実験事故報告書（第〇報）			
発信者		所属	令和 年 月 日( ) xx:xx 現在 運転者名
車両番号			
事故の種類 人身事故/物損事故			
発生日時		令和x年xx月xx日( ) xx時xx分頃	便数・行先
発生場所			
事故関係者		A	B
(事故関係者が3名以上の場合は別紙に記載すること)			
人的被害			
物的被害			
通報状況 (通報時刻等は「事故の対応」に記入する)			
事故の概要			
【発生状況】			
SW11により時刻系列で記入する			
【発生箇所】			
【損傷状況】			
事故の対応 (応急措置及び通報の状況を時刻系列で記入する)		xx月xx日 xx:xx	対応内容
今後の対応			
別紙			通し番号

33

P34 (略)

## 8. 緊急時の対応

### 8.2. 通常運行ができない場合の対応

#### ○現場での対応方針

- ・台風の接近等、乗客や運行の安全確保が懸念されるような場合で、天気予報等により事前に予想が着く場合、日本工営が先進モビリティ、茨城交通と協議の上で運行可否を判断する。
- ・ゲリラ豪雨や雷雨、悪天候による道路の通行止め、BRT沿線火災、一般道での事故等、その場での運行可否の判断が求められるような場合は、日本工営が先進モビリティ、茨城交通と協議し、現場判断で運行の中止、または手動走行への切り替え（安全側の判断）を判断する。その後の対応については、日本工営が、先進モビリティ、茨城交通と調整する。なお、並行して車内の無線機にて、自動運転バスのドライバーからBRTの一般路線バスのドライバーへ第一報を行う。
- ・ゲリラ豪雨等によりアンダーパスが冠水した場合は、下図の迂回ルートを走行する。

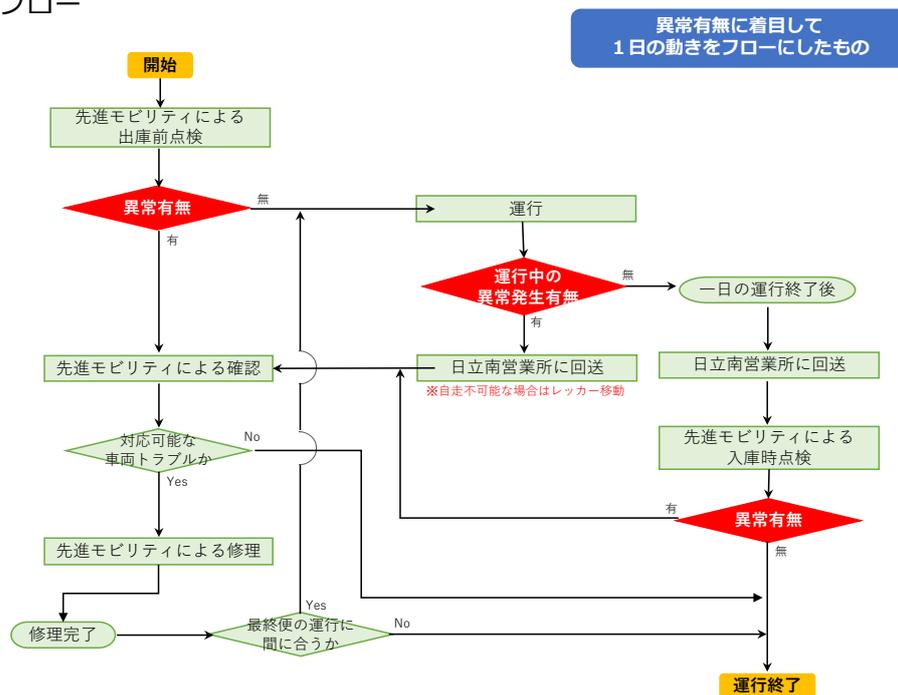


35

P36 (略)

## 9. 故障時・点検時の対応

### 9.1. 車両故障時のフロー



資料2

関係者外秘

# ひたちBRT自動運転実証実験 実施状況について

2023年2月7日 第2回連絡会  
日本工営（株）

## 目次

1. 実証実験の概要について
2. 車両技術に関する検証について
3. インフラ連携に関する実証について
4. サービス実証について
5. 広報の実施状況について

# 1. 実証実験の概要について

## 1. 実証実験の概要について

### 1.1 実施体制

L4プロジェクトの実施主体：経済産業省・国土交通省  
 ひたちBRT実証実験実施体制：下表の通り

関係主体	実証実験の実施・総括	運行方法の検討	車両調達・調律等の事前準備	車検証の書き換え申請・発行	通行許可証の申請・発行	車両の運転	地域住民への注意喚起	安全運行体制の検討・実施	検証項目の設定、実施	実証実験の助言
コソソ	日本工営	○	○				○	○	○	
	先進モビリティ		○	○		○		○	○	
	産業技術総合研究所								○	
	日本自動車研究所								○	
施設管理者、運行事業者	茨城交通		○	○	○	○	○	○	○	○
	みちのりホールディングス		○						○	○
	日立市						○		○	○
地域関係者	茨城運輸支局			○ (発行)						○
	茨城県									○
	茨城県警察本部									○
	日立警察署					○ (発行)				○
	関東経済産業局									○

# 1.実証実験の概要について

## 1.2 実証実験の概要

目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひたちBRTにおける自動運転バスの社会実装に向けた自動運転制御手法の開発（車両・遠隔・インフラ等）・検証及びサービス面の検証等</li> </ul>
実験期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>2022年12月16日（金）～2023年2月28日（火）</li> </ul>
実験走行ルート	<ul style="list-style-type: none"> <li>多賀駅～おさかなセンターの区間のうち、河原子BRT～南部図書館の区間を自動運転レベル2で走行（約6.1kmの専用道空間）</li> </ul>
走行車両	<ul style="list-style-type: none"> <li>エルガミオ（いすゞ自動車）の改造車両</li> <li>自動運転レベル2での走行（乗務員あり）</li> <li>ナンバープレートは白色（一般営業での運行ではない）</li> </ul>
運行ダイヤ等	<ul style="list-style-type: none"> <li>8便（4往復）を平日昼間の現行バス運行ダイヤの合間に走行（※年末年始(12/29～1/4)は除く）</li> <li>一般客の運送はなし（モニター乗車を別途実施）</li> <li>全バス停で停車</li> </ul>
評価項目（概要）	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両走行に関する検証</li> <li>走行時安全性に関する検証</li> <li>サービス面に関する検証 等</li> </ul>



5

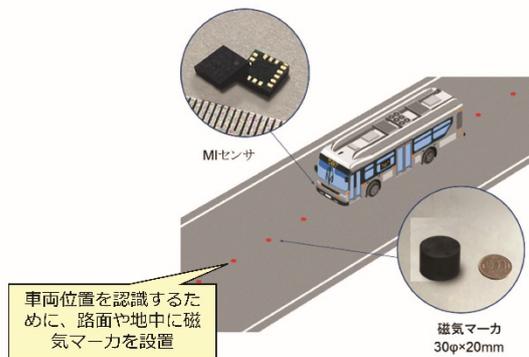
P6（略）

P7（略）

# 1.実証実験の概要について

## 1.5 運行区間

- レベル2機能を活用した自動運転走行は、河原子（BRT）から南部図書館までのBRT専用道約6.1kmで実施（当該区間には、車両位置認識のための磁気マーカあり。ただし、バスベイや一般道との交差点、緑の横断帯、大賀駅ロータリーには未設置。）。
- 運行中の転回／待機は、多賀駅ロータリー・おさかなセンターロータリーを予定しているため、全体としては多賀駅からおさかなセンターの区間を走行。
- 河原子BRTから南部図書館以外は一般道を走行予定。



8

## 1.実証実験の概要について

### 1.6 運行体制

ドライバー：運行事業者（茨城交通）の意見を踏まえて走行条件（設定速度等）のブラッシュアップを行うため、以下2社体制で実施予定  
先進モビリティ（～2023年1月末、2月22日以降） / 茨城交通（2023年2月1日～2月21日）

### 1.7 運行ダイヤ

- ・通常運行ダイヤの合間で4往復（8:39～16:40）走行する。
- ・一般客の運送はなし。
- ・平日のみの運行とする。
- ・専用道区間内の全てのバス停で停車する。
- ・実証実験前の車両調律期間中（12/1～12/16）に、本運行ダイヤの実現性を確認し、本番用のダイヤを再調整する。

→既存バス路線との干渉を防ぐため、3分当初の想定より遅らせたダイヤで運行

▼調整後のダイヤ

	1便	3便	5便	7便
おさかなセンター	8:42	10:25	13:05	15:05
大甕駅西口	8:55	10:38	13:18	15:18
多賀駅前	9:19	11:02	13:42	15:42
	2便	4便	6便	8便
多賀駅前	9:26	11:26	14:06	16:06
大甕駅西口	9:50	11:50	14:30	16:30
おさかなセンター	10:03	12:03	14:43	16:43

9

## 1.実証実験の概要について

### 1.8 運行速度

- ・運行速度は、最高約40km/hを予定しており、一般道との交差点等は一時停止する。

### 1.9 コロナ対策

以下のような新型コロナウイルス感染症対策を実施する

- 関係者は、自宅での検温のうえ、発熱・体調不良の際は乗車を控えていただくよう要請
- 乗車時のマスクの着用の徹底
- 乗車時には検温及び手指の消毒を依頼
- その他、バス協会ガイドラインに基づく感染症予防対策を実施（換気・車両消毒など）
- 緊急事態宣言等が発令された場合は、関係者で対応を協議・判断

10

## 2.車両技術に関する実証について

### 2.車両技術に関する実証について

#### 2.1 検証項目

	車両検証項目	内容	目標値
I	車速維持性能	設定した車速に対する維持性能	設定値（7, 10, 15, 20, 25, 35, 40km/h）の±2km/hであること
II	車両加速性能	設定した車速に対する到達時間	10km/h：10秒以下, 20km/h：10秒以下 30km/h：30秒以下, 40km/h：40秒以下 であること
III	車両減速性能	指示した減速Gを出せること	指示減速度0.1, 0.2, 0.3, 0.4Gを指示し、実減速度が±10%以内であること
IV	停車位置性能	前後方向の停車位置精度	設定場所に対して±30cm以内であること
V	走行位置維持性能	設定した経路に対する横方向維持性能	単路部目標経路に対し30cm以下 バス停目標経路に対し30cm以下 ロータリー目標経路部に対し50cm以下 であること
VI	バーゲート認識	一般道などと交差する箇所のバーゲートをスムーズに通行できること	バーゲートを認識できること
VII	障害物認識	一般道などと交差する箇所や歩道上の歩行者を検出できること	車両前方の車両、歩行者、自転車を検知できること 交差点では側方の車両、歩行者、自転車を検知できること
VIII	信号認識	すれ違い信号および感应式信号の検知	青信号を認識できること 青信号が認識できない場合は、赤信号とすること
IX	オーバーライド	ドライバーの操作を優先する事	アクセルおよびブレーキ：操作があったときは加減速制御を中断し操作が無くなったら、自動復帰すること ステア：操作があったときは操舵制御を中断し操作が無くなったら、走行経路上にいる場合はドライバーがスイッチを押すことで復帰すること
X	故障診断	I～VIIを実現するための部品の故障診断をする	故障診断し、その結果をMRM機能およびログ機能に通知すること
XI	MRM	IXの結果を受けてMRMを実行できること	MRMは、0.2G減速で停車できること

## 2.車両技術に関する実証について

### 2.1 検証項目

	運行における検証ポイント	前ページの車両検証項目										
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1	区間時分	検証項目全てを終結した結果であるため、各項目が達成できれば目標を満たすと想定										
2	単路部走行時間	○	—	—	○	○	—	—	—	○	○	○
3	単路部速度回復	○	○		○					○	○	○
4	臨海工場西通過時間	○	○	—	○	○	—	—	—	○	○	○
5	緑の横断帯通過時間	○	○	—	○	○	—	○	—	○	○	○
6	バゲート通過時間	○	○	○	○	○	○	—	—	○	○	○
7	信号無し交差点	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○
8	信号無し+横断歩道	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○
9	信号無し、車線設定	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	○
10	信号交差点	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	バス停での再発進に係る時間（BRT信号認識）	—	○	—	—	—	—	—	○	○	○	○
12	大塚駅構内通過時間	○	○	—	○	○	—	○	—	○	○	○
13	夜間の信号灯色認識の可否（交通信号）	—	—	—	—	—	—	—	○	—	○	○
14	夜間の信号灯色認識の可否（BRT信号）	—	—	—	—	—	—	—	○	—	○	○

※本表は「運行における検証ポイント」において、検証が必要な「車両の検証項目」（前頁参照）を示す。

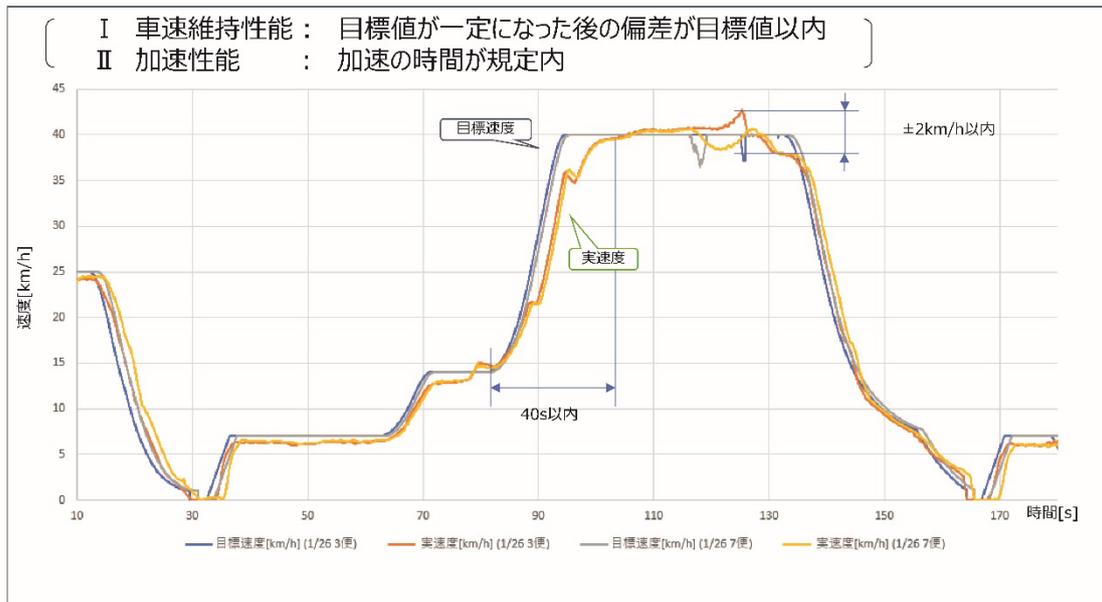
例) 「2. 単路部走行時間の検証」に関して検証が必要な項目は、「I 車速維持性能」、「IV 停車位置性能」、「V 走行位置維持機能」、「IX オーバーライド」、「X 故障診断」、「XI MRM」

13

## 2.車両技術に関する実証について

### 2.1 検証結果（速報）

- 車速維持性能や加速性能、走行位置維持性能については、現時点では概ね目標通りの数値。

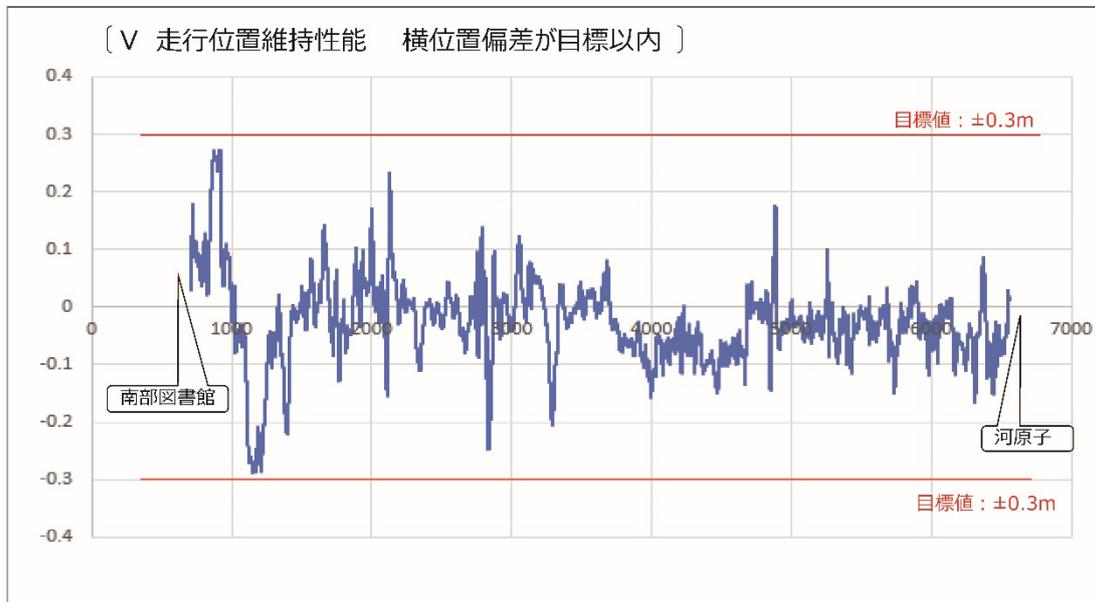


14

## 2.車両技術に関する実証について

### 2.2 検証結果（速報）

- 車速維持性能や加速性能、走行位置維持性能については、現時点では概ね目標通りの数値。



15

## 2.車両技術に関する実証について

### 2.2 検証結果（速報）

- 信号認識の性能や運行時間の増減については、引き続きデータ計測を行うと共に、検証を実施予定。

#### VIII 信号認識（信号認識の再学習を実施する予定）

※青字：BRT信号 赤字：交通信号

	多賀駅方面の検知率	おさかなセンター方面の検知率
南部図書館	100% ⇒ 100%	100% ⇒ 100%
日立商業下バス停 南の感应式信号	81% ⇒ 100%	100% ⇒ 100%
日立商業下	100% ⇒ 100%	100% ⇒ 100%
どうのいり公園	100% ⇒ 100%	100% ⇒ 100%
吹上橋	100% ⇒ 100%	100% ⇒ 100%
吹上橋～臨海工場西間	100% ⇒ 100%	100% ⇒ 100%
臨海工場西	100% ⇒ 100%	100% ⇒ 100%
大鷲駅出口	100% ⇒ 100%	100% ⇒ 100%
泉が森	100% ⇒ 100%	100% ⇒ 100%
水木	88% ⇒ 94%	100% ⇒ 100%
水木バス停 北の感应式信号	75% ⇒ 100%	94% ⇒ 100%
寺方	100% ⇒ 100%	100% ⇒ 100%
大沼小学校東	100% ⇒ 100%	100% ⇒ 100%
大沼	100% ⇒ 93%	100% ⇒ 100%
磯坪	94% ⇒ 100%	100% ⇒ 100%
河原子	100% ⇒ 100%	100% ⇒ 100%

1/9週は、一部検知率が悪く、赤信号を青信号と誤検知することが2回あった。

調律・再学習により、1/23週は検知率を改善した。

また、赤信号を青信号と誤検知するシーンはゼロ

#### 運行時間に関する検証( 1 区間時分)

発	着	目標走行時間	実走行時間
南部図書館	日立商業下	120 s	115 s
日立商業下	日立商業	120 s	60 s
日立商業	どうのいり公園	60 s	60 s
どうのいり公園	吹上橋	60 s	65 s
吹上橋	臨海工場西	60 s	65 s
臨海工場西	大鷲駅	240 s	155 s
大鷲駅	泉が森	240 s	185 s
泉が森	水木	180 s	105 s
水木	寺方	180 s	206 s
寺方	大沼小学校東	180 s	138 s
大沼小学校東	大沼	120 s	170 s
大沼	磯坪	60 s	135 s
磯坪	河原子	180s	180 s
合計		1800s	1639s

16

## 2.車両技術に関する実証について

### 2.2 検証結果（速報）

#### ■手動介入の発生状況

- 2022年12月16日から2023年1月24日までに発生した自動運転時の手動介入事象について整理を実施。
- 過年度と比較し、車両機能向上により、イ) 対向車両との接近や、セ) 交差点における危険回避、ソ) 対向車両の通過待ち、タ) バーゲートへの接近が、過年度と比較して大幅に減少。
- 一方、ツ) その他として、バーゲート手前における反応距離までの移動、交通信号不認知によるアクセル操作において手動介入が発生。

手動介入事象	2020年度		2022年度	
	回数	割合	回数	割合
ア 設定走行レーンからのプレ・ふらつき	19	0.03	4	0.02
イ すれ違い時の対向車両との接近	65	0.11	11	0.05
エ 信号通過・停止の判断の違いに伴う危険回避	30	0.05	3	0.01
オ 路側センサ作動上の不具合(検知しない・誤検知)	5	0.01	0	0.00
カ バス停止時の不備(停止不十分・停止位置ズレ)	8	0.01	1	0.00
キ 街路樹等を障害物として誤検知	0	0.00	0	0.00
ク 横断歩道における歩行者待ち	9	0.01	1	0.00
ケ ルート上の障害物回避(横断者)	12	0.02	0	0.00
サ ルート上の障害物回避(工事関連)	10	0.02	0	0.00
ス ルート上の障害物回避(路肩走行のバイク・自転車)	0	0.00	0	0.00
セ 専用道と一般道との交差点における危険回避(横断者、車両)	155	0.25	30	0.14
ソ 専用道内における対向車両の通過待ち(BRT用信号による停車)	102	0.17	3	0.01
タ バーゲート開閉時の危険回避(バーゲートへの接近)	71	0.11	3	0.01
チ 交通信号の赤信号による停車(一般道、専用道と一般道交差点)	29	0.05	0	0.00
ツ その他	103	0.17	152	0.73
事象合計	618		208	
日数	58		21	
便数	403		164	
1便当たり平均手動介入回数	1.5		1.3	

#### ■2022年度の対策による手動介入の減少

- イ：すれ違い時の対向車両との接近  
→目標走行軌道の見直し
- セ：交差点における危険回避  
→側方LiDARの機能更新、周辺検知カメラの追加等により検知範囲を拡張
- ソ：対向車両の通過待ち  
→BRT信号専用の検知カメラの追加によるBRT信号の認識精度を向上
- タ：バーゲートへの接近  
→垂れ幕設置、近接検知カメラの追加によるBRTバーゲートの認識精度の向上

#### ■2022年度実証時の対応状況

- ツ：その他 事象への対応
- ・バーゲート通過に必要な車両認識がされない事象について、停止位置を前に調整し、バーゲート用ループコイルによる車両検知の精度の向上を図る。
- ・スリット付き交通信号の灯色情報が正確に認識できないため、再学習することにより、学習結果を車両側に反映し、認識率の向上を図る。

※2020年度は一般道区間と専用道区間においてレベル2の自動走行を実施。2022年度は専用道区間で自動走行を実施。左表では専用道区間の手動介入回数を示している。 17

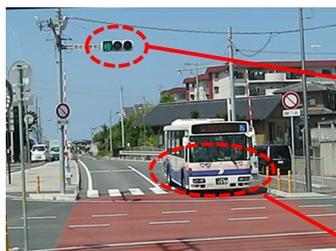
<手動介入事象の過年度比較結果（速報版）>

## 2.車両技術に関する実証について

### 2.2 検証結果（速報）

- ツ) その他で発生が多かった手動介入事象は、バーゲート手前における反応距離までの移動、交通信号不認知によるアクセル操作であり、下記に示すような水木交差点での発生回数が多い状
- 車両制御の調整、再学習により検知精度、認識精度の向上を図っている。

<水木交差点の概況>



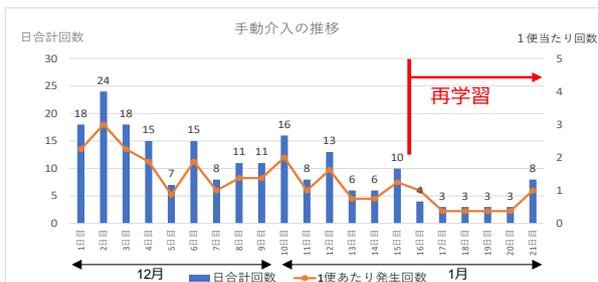
#### ■交通信号の認識

- ・青現示に視覚制限のスリットが入っており、青現示と認識できなかった事象
- 再学習により認識率を向上させている



#### ■手動介入の発生状況推移

- ・1月3週目の再学習以後、手動介入回数が大幅に減少している。



#### ■BRTバーゲート手前の停止位置

- ・BRTバーゲートが車両を認識しない位置で停止
- 停止位置を調整し、バーゲートの車両検知の精度を図っている。



## 2.車両技術に関する実証について

### 2.2 検証結果（速報）

- 2/1以降から茨城交通のドライバーが乗車することから、1/25～31にドライバー訓練を実施

1 / 2 5 : 座学

1 / 2 6 ~ 3 1 : 乗車訓練（1日1名）

ドライバー訓練の資料抜粋		2-2. 2020年度からの変化点	
目次		目次	
1. 自動運転レベルと法的責任	p. 3	5. 安全機能（オーバーライド）との構え	p. 27
2. 自動運転時運転操作		6. 過去の事故について	p. 28
・ 列送	p. 4	7. チェックリスト	p. 29
・ 2020年度からの変化点	p. 5		
・ 自動運転車種別の対応	p. 6		
・ 運転席	p. 13		
・ HMI（ドライバー向けモニター）	p. 14		
3. 自動運転時運転			
・ 基本走行	p. 15		
・ 同乗者乗降	p. 16		
・ インフォメーション機能	p. 17		
4. 自動運転時の開始・停止			
・ 車両起動手順	p. 18		
・ 自動運転の開始	p. 19		
・ 自動運転時の停止点	p. 21		
・ 走行中の注意点	p. 22		
・ 車両終了手順	p. 24		
・ 緊急時の対応	p. 26		
6. 過去の事故について			
①自動運転で左折時に緑石に接触			
【原因】進行開始前にハンドル中点合わせを実施していなかった			
【今回の対応】先渡モビリティ社員が毎日ハンドル中点合わせを行い、チェックを行います			
②ハンドル介入時に道路幅に接触			
【原因】車種が通常車可と異なるため、感覚違いで接触			
【今回の対応】BRT路内では同様の事象は発生しませんが、一般道での走行時は手動運転となりますので、左右前方のスペース確認をお願いします。			
③自動運転で強風マーカー切替時にガードレールに接触			
【原因】進行開始前にパルスチェックを行った後、視認の再確認を怠っていた			
【今回の対応】関係者発表期間中は不具合がない限りソフトウェアの変更を行いません			
④ハンドル手動介入後の再加速と乗客が転倒			
【原因】ハンドル手動介入時に同加速し、その際バックダンクが起こったため加速が乗客			
【今回の対応】障害物がある場合はハンドルの回数は行わず、乗車し障害物を除去し、再乗車してください。どうしてもハンドルで避けれなければならない場合は、停止して自動運転を解除後に、四角動作を行ってください。			

項目	チェック
自動運転レベルと法的責任について把握したか	<input type="checkbox"/>
自動運転関連機器と自動運転機能について把握したか	<input type="checkbox"/>
BRT路での自動運転車両のふるまいについて把握したか	<input type="checkbox"/>
安全機能（オーバーライド方法）について把握したか	<input type="checkbox"/>
自動運転の開始・停止方法（スイッチ類の操作、車両起動手順、自動運転への切り替え手順、自動運転終了手順）について把握したか	<input type="checkbox"/>
HMIモニタの表示内容について把握したか	<input type="checkbox"/>
自動運転走行時の心構えについて把握したか	<input type="checkbox"/>
緊急時の操作について把握したか	<input type="checkbox"/>

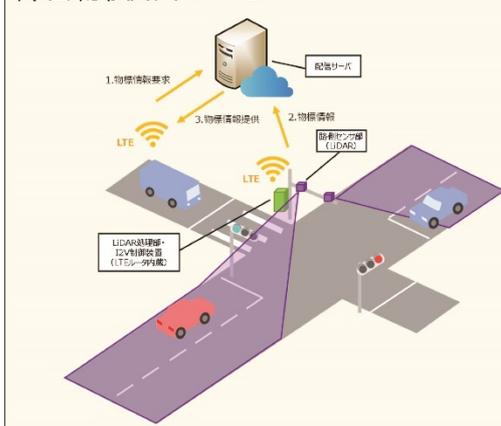
## 3.インフラ連携に関する実証について

### 3. インフラ連携に関する実証について

#### 3.1 インフラ連携の必要性

- ひたちBRT自動運転バスの走行を支援するインフラ
- ① 自動運転バスから見えない箇所（交差道路、路上駐車等）の物標情報をインフラからの情報提供で安全性の確保
- ② 交通信号機（感应式）の情報を自動運転バスに情報提供で円滑性の確保
- ③ BRT信号・バーゲートの視認性の向上

障害物検知イメージ



インフラ連携イメージ  
(交通信号との連携)



21

### 3. インフラ連携に関する実証について

#### 3.2 検証内容（案）

- ①**障害物検知**
  - ・ センサー（LiDAR）から自動運転車両に「物標情報（移動位置・速度等）」を提供
- ②**信号連携**
  - 自動運転車両へ「信号情報」を提供
- ③**BRT信号・バーゲート検知**
  - ・ 各バーゲートの視認性を向上させるために垂れ幕を設置し、バーゲートの認識精度を向上（※一般車両の専用走行路への誤進入の防止も兼ねる）

区分	箇所	検証項目	検証目的
障害物検知	南部図書館交差点、磯坪交差点	1. 障害物検知でセンサーから得られる接近車両等の情報の有効性検証	①通信方法（LTE通信）の精度検証 ②センサの検知精度の検証（LiDAR）（正確なデータの収集） ③自動運転車両の走行制御ロジックへフィードバック
信号連携	水木交差点	2. 信号連携で得られる情報（現在灯色/残時間等）の有効性検証	①無線通信精度（通信エリア、パケット到達率、遅延） ②システム遅延の精度検証 ③自動運転車両の走行制御ロジックへフィードバック
BRT信号・バーゲート	各箇所	3. BRT信号・バーゲートの認知精度の検証	④車載カメラ増設によるBRT信号及びバーゲート（垂れ幕）の認知精度の検証

22

### 3. インフラ連携に関する実証について

#### 3.3 インフラ連携等状況

##### (1)南部図書館北側

課題：  
専用道から一般道へ交差する際に、  
一般道の通過車両が見えにくい。

課題解決：  
一般道の車両検出し、物標情報で  
提供する。

センサー  
(LiDAR、カメラ)



出典: Google map

23

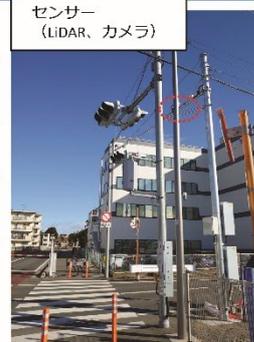
### 3. インフラ連携に関する実証について

##### (2)磯坪停車場北

課題：  
専用道から一般道へ交差する際に、  
一般道の通過車両が見えにくい。

課題解決：  
一般道の車両検出し、物標情報で  
提供する。

センサー  
(LiDAR、カメラ)



出典: Google map

24

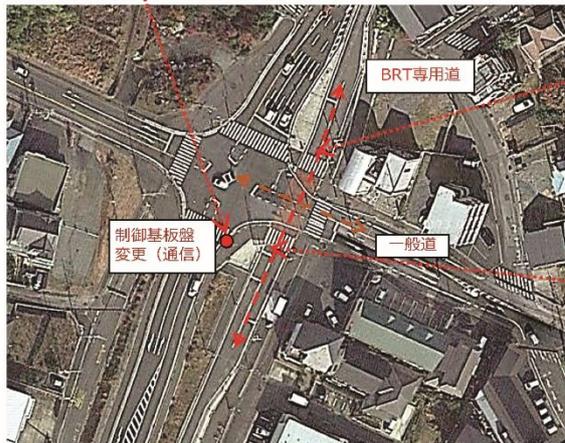
### 3. インフラ連携に関する実証について

#### (3) 水木交差点



課題：  
感応式信号機が自動運転車両を  
認知状況・待ち時間が不明で所要  
時間が増大。

課題解決：  
交通信号の感知が自動運転車両  
を認知状況・灯色情報を提供する。



25

### 3. インフラ連携に関する実証について

#### (4) BRT信号・バーゲート

BRT信号 (既設)

課題：  
BRT信号の灯色が見えにくい。

課題解決：  
自動運転車両側に車載カメラを  
増設し、灯色情報を収集する。



バーゲート

課題：  
バーゲート通過時に細いバー  
ゲートが見えにくい。

課題解決：  
バーゲートに垂れ幕を設置し、  
バーゲートの認知を向上させる。



26

### 3. インフラ連携に関する実証について

#### 3.4 インフラ連携のスケジュール

- インフラ連携について、障害物検知のみ2月下旬に実施予定。現在設置したセンサからの取得データを検証中。

区分	箇所	今後のスケジュール	備考
障害物検知	南部図書館 交差点	・2月21日までに車両アルゴリズムへの組み込み調整 ・2月22日で検証試験を実施	・2月22日以降は先進モビリティのドライバーで運行
	磯坪交差点		
信号連携	水木交差点	・2月1日より実施中	
BRT信号 バース	各箇所	・12月16日より実施中	

27

## 4. サービス実証について

## 4. サービス実証について

### 4.1 サービス実証の概要

	実施項目	目的	謝礼	検討主体
①	体験乗車	モニター試乗を通じた自動運転に関する意識の変化を把握し、次年度以降の住民への説明内容・方法の改善に活用	なし	日本工営 テクノバ 第一生命経済研究所
②	乗車体験者へのインタビュー	モニター試乗を通じた自動運転に関する意識の変化を把握し、次年度以降の住民への説明内容・方法の改善に活用 試乗者の意見の深掘り	3000円	日本工営 テクノバ 第一生命経済研究所
③	非乗車体験者へのインタビュー	自動運転車両へ試乗しない人（含普段BRTを利用しない人）における、ひたちに自動運転BRTが実装することへの意識の把握	3000円	日本工営 テクノバ 第一生命経済研究所
④	体験乗車及びVR及び仮想空間を用いた自動運転実装時のサービス体験	通常走行時と異常時に、自動運転バスに対する受容性、信頼感、および情報提示の必要性を定量的に評価する。	1250円	産総研 JARI

※サービス実証については、RoAD to the L4プロジェクトの総合コンソーシアムのメンバーである（株）テクノバ及び（株）第一生命経済研究所と連携して実施。

29

## 4. サービス実証について

### 4.1 サービス実証の概要

#### ■実施日

#### ①体験乗車

2023年2月						
日	月	火	水	木	金	土
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28				

▶8便/日予約枠を設定

#### ③非乗車者へのインタビュー

2023年2月						
日	月	火	水	木	金	土
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28				

▶インタビューは12:30より実施

#### ②体験乗車及びインタビュー

2023年2月						
日	月	火	水	木	金	土
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28				

▶午前中体験乗、インタビューは12:30より実施

#### ④VR実験

2023年2月						
日	月	火	水	木	金	土
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28				

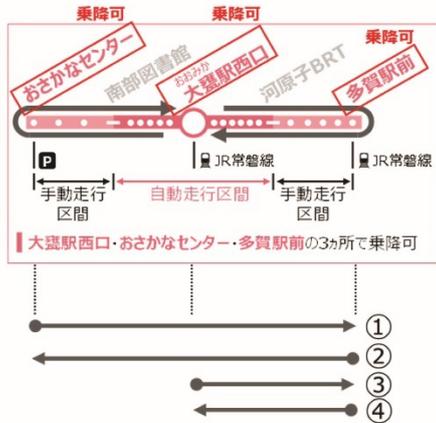
▶6回/日予約枠を設定

30

## 4. サービス実証について

### 4.1 サービス実証の概要

#### ■乗車区間



- おさかなセンター～多賀駅前の全区間に乗車可能とする。
- 大鷲駅西口・おさかなセンター・多賀駅前の3か所で乗降可能とする。
- 上図の①～④を1単位として予約を受け付ける。

#### ■インタビュー等の実施場所



- インタビュー及びVR実験は大鷲駅東口の大鷲駅待合所にて実施

31

## 4. サービス実証について

### 4.1 サービス実証の概要

#### ■予約方法

##### 【①②④の応募について】

- 予約サイトを1/20より開設
- 試乗を伴う3つのコースを予約することが可能
- 予約サイトの他、電話での予約も可能

##### 【③の応募について】

- 乗車非体験者へのインタビューは、ひたちBRTサポーターズクラブ関係者を通じて募集

	実施項目
①	体験乗車
②	体験乗車及びインタビュー
③	非乗車者へのインタビュー
④	体験乗車及びVR及び仮想空間を用いた自動運転実装時のサービス体験

### ひたちBRT自動運転実証実験 予約サイト

ホーム

体験乗車のみコース

インタビューコース

VR実験コース

① ② ④

• 経済産業省及び国土交通省が実施している実証実験です。この度、市民の皆様は自動運転バスを体験することができます。また、VR（仮想現実）を用いた自動運転サービスの体験も可能です。

#### 実証実験の概要

**体験乗車期間**  
2023年2月6日(月)～2月21日(火)  
※土曜・祝日を除く  
※当日予約システムでご案内している体験乗車期間から変更となっております。ご了承ください。

**運行時刻**

	1便	3便	5便	7便
おさかなセンター	8:42	10:25	13:05	15:05
大鷲駅西口	8:55	10:38	13:18	15:18
多賀駅前	9:19	11:02	13:42	15:42

	2便	4便	6便	8便
多賀駅前	9:26	11:26	14:06	16:06
大鷲駅西口	9:50	11:50	14:30	16:30
おさかなセンター	10:03	12:03	14:43	16:43

**運行車両**  
専用の自動運転車両で運行

**運賃**  
無料

32

## 4. サービス実証について

### 4.2 体験乗車者へのアンケート調査

- モニター試乗を通じた自動運転に関する意識の変化を把握し、次年度以降の住民への説明内容・方法の改善に活用

区分	設問項目
自動運転に関する意識 (基本的な意識)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 自動運転は、地域のバス営業が継続するのに有効か</li> <li>● 高齢などで運転できなくなったときに、自動運転バスがあれば便利か</li> <li>● 自動運転バスにより、運転手の不足が解消されると思うか</li> <li>● 自動運転バスにより、便数が増えて便利になると思うか</li> <li>● 自動運転が普及することでの社会の変化に期待をするか</li> <li>● 自動運転が普及することでの社会の変化に不安を感じるか</li> <li>● 最新の技術による自動運転よりも、人間の運転の方が安全な気がするか</li> </ul>
自動運転の懸念 への受容度合	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 停止頻度が増える可能性があること</li> <li>● 運転手のいるバスより速度が遅い可能性があること</li> <li>● 悪天候などでは、速度を下げた運転になること</li> <li>● 極端な悪天候時には待ち時間が発生すること</li> <li>● 運行者とのやり取りが遠隔での対応となること</li> <li>● 車内安全ルールの遵守をより厳格に求められること</li> <li>● 周囲の歩行者や自転車の交通ルールが厳しくなること</li> </ul>
自動運転を地域 に入れる意義認 識と態度	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 日立市の移動において、懸念される課題</li> <li>● 現状のBRT、自動運転化の必要性（自身にとって、家族・地域にとって）</li> <li>● 自動運転を活かすにあたり、技術以外に必要なこと</li> </ul>
属性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 年齢、性別、居住地、職業</li> <li>● 免許の保有状況、有人BRTの利用状況・利用目的、バス停までの交通手段</li> </ul>

33

## 4. サービス実証について

### 4.3 試乗体験者及び試乗非体験者へのインタビュー

- 試乗体験者へはアンケート調査に加え、インタビューの実施により意見を深堀
- 自動運転車両へ試乗しない人（含普段BRTを利用しない人）における、ひたちに自動運転BRTが実装することへの意識を把握

区分	設問項目
試乗体験者	<ol style="list-style-type: none"> <li>①自動運転についてどう感じたか、なぜそう感じたのか</li> <li>②自動運転走行における各種制約についてどの程度受容できるか、試乗前後でそれは変わったと思うか</li> <li>③日立市の交通について何が具体的な課題だと思うか</li> <li>④日立市の交通課題について、自動運転技術はソリューションとなりうると思うか ※自動運転の必要性：自身の将来的な乗車有無とは別に、地域に自動運転バスがあることの是非についても問う</li> <li>⑤地域の移動課題の解決に向けて自動運転バスを安全かつ有効に走らせるには、現在の日立BRTで無人走行を社会実装する上では、何が必要だと思うか</li> <li>⑥その他フリーディスカッション（残時間に応じて）</li> </ol>
試乗非体験者	<ol style="list-style-type: none"> <li>①自動運転についてどう感じるか、なぜそう感じるのか</li> <li>②自動運転走行における各種制約についてどの程度受容できるか</li> <li>③日立市の交通について何が具体的な課題だと思うか</li> <li>④日立市の交通課題について、自動運転技術はソリューションとなりうると思うか ※自動運転の必要性：自身の将来的な乗車有無とは別に、地域に自動運転バスがあることの是非についても問う</li> <li>⑤地域の移動課題の解決に向けて自動運転バスを安全かつ有効に走らせるには何が必要だと思うか</li> <li>⑥その他フリーディスカッション（残時間に応じて）</li> </ol>

34

## 4. サービス実証について

### 4.4 VRを用いた自動運転実装時のサービス体験

#### ■ 研究背景

- 将来の無人運行を見据えて、乗客は走行中に無人の車両に対する安心感、信頼感、および受容性が低下する可能性がある。
- 特に異常時には、乗客と遠隔監視者との円滑なコミュニケーションも重要な要因となるが、実車などで検証するのが難しい。

#### ■ 研究目的

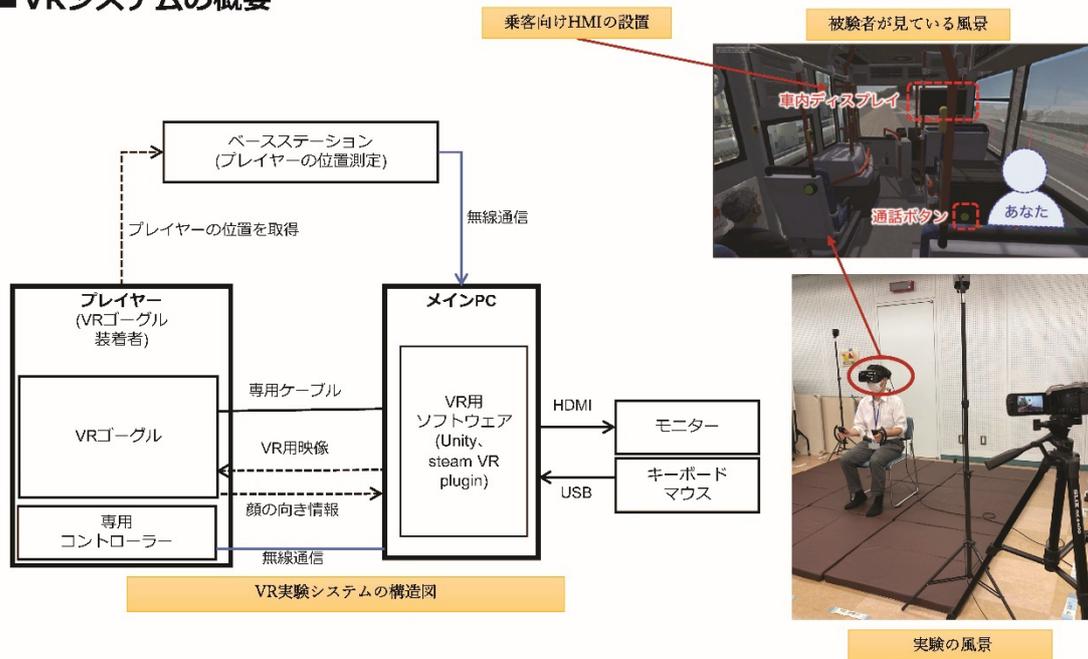
- ひたちBRTバスの走行状況を仮想現実（Virtual Reality: VR）空間にて再現し、乗客向けの情報表示用ヒューマン・マシン・インターフェース（Human Machine Interface: HMI）を検討する。
- トラブルを模擬した異常イベントを仮想空間にて再現し、遠隔監視者の対応や遠隔との通話インタフェースを検討する。
- 人間工学実験を通して、通常走行時と異常時に、自動運転バスに対する受容性、信頼感、および情報提示の必要性を定量的に評価する。

35

## 4. サービス実証について

### 4.4 VRを用いた自動運転実装時のサービス体験

#### ■ VRシステムの概要



36

## 4. サービス実証について

### 4.4 VRを用いた自動運転実装時のサービス体験

#### ■ 実験内容

モニターが自動運転バス実車の通常走行を体験した後に、VR環境にて異常イベント発生時の対応を体験する。乗客向けの情報提示と遠隔の対応を評価してもらう。

**実験要因：**車内HMIの内容（遠隔監視者の顔出し・なし）、走行シナリオ（通常走行・異常イベント発生）

被験者：24名

- A群 (12名): 異常イベント：監視者顔なし
- B群 (12名): 異常イベント：監視者顔出し



**従属変数：**アンケート（必要性、受容性、信頼感）  
反応時間：異常発生してから遠隔監視者に報告まで

通話ボタンを押して車内の状況を報告する

37

## 4. サービス実証について

### 4.4 VRを用いた自動運転実装時のサービス体験

#### ■ 実験準備

【参加者募集】ひたちBRT自動運転実証実験 予約サイトより募集

【謝金】1250円（交通費込み・現金支払い）

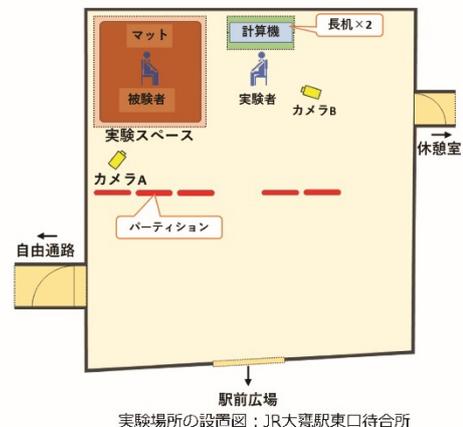
【実施期間】2023年2月13日～2月17日

【実験時間】期間内に実施される自動運転バス体験乗車後の1時間（説明や準備を含みます）

【実施場所】大甕駅東口待合室

【対象者】VR装置を装着する必要があるため、以下すべての条件を満たす方

- ・ 20～74歳の男女
- ・ 裸眼またはコンタクトレンズによる矯正で、視力が左右いずれも0.7以上ある人（**眼鏡の方はご参加いただけません**）
- ・ 正常な聴力を有している方
- ・ 以下のいずれにも該当しない方：妊娠している方（またはその可能性がある方）、糖尿病・心不全・呼吸器疾患等の基礎疾患がある方、透析を受けている方、免疫抑制剤や抗がん剤等を用いている方、新型コロナウイルスの感染者と判定され完治していない方。



38

## 4. サービス実証について

### 4.5 安全走行・運行の合意形成の促進に資する仮想環境の紹介（VRデモ）

#### ■課題

- ✓ 自動運転移動サービスの**安全性と事業性の両立**

##### 事業者側

- ✓ 交通法規違反者への対応など、どこまでの危険に配慮する必要があるのか？
- ✓ 心配なことに過剰対応すると、運転の円滑さや事業性に問題が生じるのではないか？

##### 利用者（ユーザ）側

- ✓ 円滑で利用しやすいサービスを提供してほしい
- ✓ 自動運転は安全なのか？人間に比べて何が得意か苦手かわからない

- 事業者側と利用者側の**合理的な合意形成**が必要

- ✓ 実車による説明：再現できるシーンに制約あり
- ✓ 書類などによる説明：容易に正しく理解することは困難

#### 簡易な仮想環境(VR)の導入

- 直感的でわかりやすい
- 必要最低限の機能に特化した簡易な仮想環境  
→ 合意形成促進に資することに特化することで短期開発で対応可

39

## 4. サービス実証について

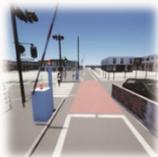
### 4.5 安全走行・運行の合意形成の促進に資する仮想環境の紹介（VRデモ）

#### ■表示・再現内容

- ✓ 自動運転車の走行環境をコンピュータの仮想空間上に再現  
→自動運転制御システムの**長所**と**短所**を視覚的に理解可能  
→多数の人に多様な走行シーンを疑似体験してもらうことが可能
- ✓ ドライバ視点、歩行者視点、三人称視点からの映像
- ✓ 車載カメラなどの検知距離・範囲を重畳表示
- ✓ 状況に応じてバスが危険を回避しつつ安全に走行する様子
- ✓ 緊急停止などの事象 ←**実環境では再現困難**

#### ■理解・合意形成する内容

- ✓ 自動運転車の環境認識性能，安全な走行方法（制御），交通ルール



<https://www.abal.jp/>

40

## 4. サービス実証について

### 4.5 安全走行・運行の合意形成の促進に資する仮想環境の紹介（VRデモ）

#### ■VRデモの目的

- ✓ 歩行者横や交差点を通過するシーンを、歩行者、バス（センサ）、周辺車両の視点で体験してもらう
  - ツールの改善点を探る
- ✓ 次年度は、走行方法の安全性やスムーズさについて、感想や意見を得る
  - 社会受容性の向上につなげる

#### ■VRデモの内容

- ✓ 表示装置：ディスプレイ（2次元）とヘッドマウント型（3次元）
- ✓ 再現する走行シーン
  - ・ 歩道歩行者脇の通過
  - ・ 無信号交差点の通過
  - ・ 横断信号待ち歩行者脇通過
  - ・ 交差路での一般車両との待合せ

期間：2/13～2/17  
 場所：大鷲駅東口待合室  
 対象：VR実験参加者に依頼



41

## 4. サービス実証について

### 4.6 検証スケジュールについて

検証スケジュールは以下の通り。（車両技術、インフラ連携に関する実証も含めて掲載）

実証内容		実施主体	12月	1月	2月
車両技術に関する実証		先進モビリティ	12/16～2/28		
インフラ連携に関する実証		日本工営	バーゲート垂れ幕・BRT信号認識精度：12/16～2/28 信号連携：2/1～2/28 障害物検知：2/22～2/28		
サービス実証	関係者試乗	日本工営			2/1～2/3
	沿道住民の社会受容性に関する検証	日本工営 テクノバ 第一生命経済研究所			2/8 2/28
	自動運転車両導入により車内サービス等が変化することに対する社会受容性の検証(VR)	産総研 JARI			2/13～17
	体験乗車	日本工営 テクノバ 第一生命経済研究所			2/6～2/21
	体験乗車者へのインタビュー	日本工営 テクノバ 第一生命経済研究所			2/10,20,21

42

## 5. 広報の実施状況について

### 5. 広報の実施状況について

#### 5.1 市広報への掲載

- 2/5号日立市広報にモニター募集記事を掲載

運賃無料

### ひたち BRT 自動運転バスに体験乗車してみませんか？

ひたち BRT 区内で実証実験をしている自動運転バスの体験乗車を実施します。運賃はからず、何回でも乗車できますので、ぜひ体験してみてください！

**体験乗車期間**  
2月6日(月)～21日(火)  
\*土・日曜日、祝日を除く

**運行区間**  
 おさかなセンター～大豊駅西口～多賀駅前



**乗車方法**

①前日の正午までに予約  
 体験乗車の前日の正午までに、次のいずれかの方法で予約してください。\*何回でも予約できます。

インターネット予約  
 下記QRから申し込めどください。



電話予約  
 日本工業㈱交通都市部（業務受託機関）  
 ☎03-3238-8342  
\*平日午前9時～午後5時

②発車 10 分前に受付  
 発車 10 分前までに停留所へお越しください。バスの到着後に乗務員がお声掛けしますので、受付を済ませてご乗車ください。

運賃 無料

**乗車場所**

①おさかなセンター停留所



②大豊駅西口停留所



③多賀駅前停留所



問合せ 日本工業㈱交通都市部（業務受託機関） ☎03-3238-8342 または 市都市政策課 ☎内線 223 内 21-7750

9 | 2023. 2. 5

## 5. 広報の実施状況について

### 5.2 チラシの配布及びポスターの掲示

- ひたちBRT沿道地域へチラシを配布
- 大甕駅東口の駅待合所、バス停掲示板等へポスターを掲示



チラシの掲示状況  
(磯坪停留所)



ポスターの掲示状況  
(大甕駅前待合所)



チラシの配布先  
(出典：ラクスル株式会社HP)

### ひたちBRTで自動運転バスへの体験乗車を募集します！

#### 体験乗車期間

2023年2月6日(月)～2月21日(火) ※土日・祝日を除く

- 経済産業省及び国土交通省が実施している実証事業の一環として、2022年12月16日より、ひたちBRT区間内で自動運転バスの実証実験を実施しております。この度、皆様に自動運転バスを体験いただくため、上記期間中に体験乗車を実施いたしますので、ぜひ乗車ください！
- 体験乗車と合わせて、自動運転移動サービスに関するアンケート調査や、VR（仮想現実）等を用いた、無人自動運転サービスの体験等も実施いたします。内容や予約方法は下記WEBサイトでご確認ください。

#### 実施概要

体験乗車期間  
2023年2月6日(月)～2月21日(火)  
※土日・祝日を除く

運行区間 (詳細はWEBサイトでご確認ください)



運行時刻

	1便	3便	5便	7便
おさかなセンター	8:42	10:25	13:05	15:05
大甕駅西口	8:55	10:38	13:18	15:18
多賀駅前	9:19	11:02	13:42	15:42
	2便	4便	6便	8便
多賀駅前	9:26	11:26	14:06	16:06
大甕駅西口	9:50	11:50	14:30	16:30
おさかなセンター	10:03	12:03	14:43	16:43

運行車両  
専用の自動運転車両  
で運行

運賃 無料



#### 予約・乗車方法

予約方法 (予約期間：1月20日(金)～2月20日(月))  
予約期間中、何回でもご予約いただけます。

- インターネット予約  
以下のURLより実施内容をご確認いただき、必要事項を記入のうえお申し込み下さい。

https://www.autonomouscar-t2.com/

- 電話予約 (平日9時～17時)  
下記問合せ先 (03-3238-8342)  
へお掛けください。担当者が予約を承ります。

- 乗車方法  
● 乗車前に受付を行いますので、発車10分前までに停留所へお越し下さい。
- アンケート調査等々大甕駅周辺の会場等で実施いたします。詳細はWEBサイトでご確認ください。

#### 乗車場所



#### お問合せ

主催機関 経済産業省製造産業局自動運転課、国土交通省自動車局技術・環境政策課  
問合せ先 (業務受付時間) 日本工営 (株) 交通部都市 石川、大澤、田中  
TEL : 03-3238-8342 (平日9時～17時) / 住所：東京都千代田区麹町5-4

## 5. 広報の実施状況について

### 5.3 日立市及び茨城交通HPへリンクの掲載

- 日立市HPのトップページにバナーを掲載
- 茨城交通HPの「お知らせ」に概要とリンクを掲載



#### ○「お知らせ」ひたちBRTで自動運転バスへの体験乗車を募集します

2023年1月24日  
令和4年12月からひたちBRT区間において実施している自動運転バスの実証実験について、一般向けの体験乗車を募集します。また、体験乗車と併せて自動運転サービスに対するアンケート調査や、VRを用いた自動運転のサービス体験なども実施します。ぜひ、多くのご応募をお待ちしております。

#### ▶ 乗車可能期間

令和5年2月6日(月)から2月21日(火)まで  
※土日・祝日を除く

#### ▶ 予約方法

下記のいずれかの方法で予約ください。※予約は前日の正午までの受付となります。

インターネット予約

電話予約 03-3238-8342 ※平日9時～17時まで

#### ▶ 利用料金

無料

#### ▶ その他

詳細は、予約サイトからご確認ください。

#### ▶ お問い合わせ先

(業務受付時間)  
日本工営株式会社 交通部都市 石川、大澤、田中  
TEL:03-3238-8342(平日9時～17時)  
住所：東京都千代田区麹町5-4

## 5. 広報の実施状況について

### 5.4 地域団体等を通じたモニター募集

- 地域団体、県内大学を通じた募集案内を実施

分類	組織	想定される応募者	
地域団体	ひたちBRT サポーターズクラブ	地域住民、 路線沿道企業、 路線沿道大学等の関係者	
	日立市公共交通会議	旅客サービス企業 (JR、バス、タクシー等)、 福祉有償運送企業、 商工会議所、 茨城県等の関係者	
	バス関係パートナーシップ団体	地域住民等	
大学	茨城大学	山田教授	交通やまちづくりに興味のある学生
		吉田教授	
		平田教授	

ひたちBRT実証実験に係る連絡会（第3回）

資料2

関係者外秘

ひたちBRT自動運転実証実験  
実施状況について

2023年3月22日

目次

1. 実証実験の概要について
2. 車両技術に関する検証結果について
3. インフラ連携に関する検証結果について
4. サービスに関する検証結果について

# 1. 実証実験の概要について

## 1. 実証実験の概要について

### 1.1 実施体制

L4プロジェクトの実施主体：経済産業省・国土交通省  
 ひたちBRT実証実験実施体制：下表の通り

関係主体	実証実験の実施・総括	運行方法の検討	車両調達・調律等の事前準備	車検証の書き換え申請・発行	通行許可証の申請・発行	車両の運転	地域住民への注意喚起	安全運行体制の検討・実施	検証項目の設定、実施	実証実験の助言
コンソ	日本工営	○	○				○	○	○	
	先進モビリティ		○	○		○		○	○	
	産業技術総合研究所								○	
	日本自動車研究所								○	
運行事業者・施設管理者	茨城交通		○	○	○	○	○	○	○	○
	みちのりホールディングス		○						○	○
	日立市						○		○	○
地域関係者	茨城運輸支局			○ (発行)						○
	茨城県									○
	茨城県警察本部									○
	日立警察署				○ (発行)					○
	関東経済産業局									○

# 1.実証実験の概要について

## 1.2 実証実験の概要

目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>ひたちBRTにおける自動運転バスの社会実装に向けた自動運転制御手法の開発（車両・遠隔・インフラ等）・検証及びサービス面の検証等</li> </ul>
実験期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>2022年12月16日（金）～2023年2月28日（火）</li> </ul>
実験走行ルート	<ul style="list-style-type: none"> <li>多賀駅～おさかなセンターの区間のうち、河原子BRT～南部図書館の区間を自動運転レベル2で走行（約6.0kmの専用道空間）</li> </ul>
走行車両	<ul style="list-style-type: none"> <li>エルガミオ（いすゞ自動車）の改造車両</li> <li>自動運転レベル2での走行（乗務員あり）</li> <li>ナンバープレートは白色（一般営業での運行ではない）</li> </ul>
運行ダイヤ等	<ul style="list-style-type: none"> <li>8便（4往復）を平日昼間の現行バス運行ダイヤの合間に走行（※年末年始(12/29～1/4）は除く）</li> <li>一般客の運送はなし（モニター乗車を別途実施）</li> <li>全バス停で停車</li> </ul>
評価項目（概要）	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両走行に関する検証</li> <li>走行時安全性に関する検証</li> <li>サービス面に関する検証 等</li> </ul>



5

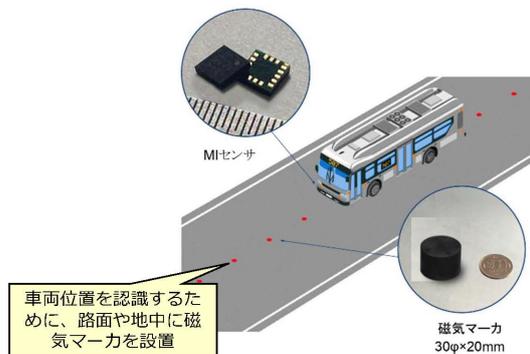
P6（略）

P7（略）

# 1.実証実験の概要について

## 1.5 運行区間

- レベル2機能を活用した自動運転走行は、河原子（BRT）から南部図書館までのBRT専用道約6.0kmで実施（当該区間には、車両位置認識のための磁気マーカあり。ただし、バスベイや一般道との交差点、緑の横断帯、大賀駅ロータリーには未設置。）。
- 運行中の転回／待機は、多賀駅ロータリー・おさかなセンターロータリーで実施、全体としては多賀駅からおさかなセンターの区間を走行。
- 河原子BRTから南部図書館以外は一般道を走行。



8

## 1.実証実験の概要について

### 1.6 運行体制

- ドライバー：運行事業者（茨城交通）の意見を踏まえて走行条件（設定速度等）のブラッシュアップを行うため、以下2社体制で実施予定
- 先進モビリティ（～2023年1月末、2月22日以降）
  - 茨城交通（2023年2月1日～2月21日）

### 1.7 運行ダイヤ

- ・通常運行ダイヤの合間で4往復（8:39～16:40）走行する。
  - ・一般客の運送はなし。
  - ・平日のみの運行とする。
  - ・専用道区間内の全てのバス停で停車する。
  - ・実証実験前の車両調律期間中（12/1～12/16）に、本運行ダイヤの実現性を確認し、本番用のダイヤを再調整する。
- ➡既存バス路線との干渉を防ぐため、3分当初の想定より遅らせたダイヤで運行

▼調整後のダイヤ

	1便	3便	5便	7便
おさかなセンター	8:42	10:25	13:05	15:05
大甕駅西口	8:55	10:38	13:18	15:18
多賀駅前	9:19	11:02	13:42	15:42
	2便	4便	6便	8便
多賀駅前	9:26	11:26	14:06	16:06
大甕駅西口	9:50	11:50	14:30	16:30
おさかなセンター	10:03	12:03	14:43	16:43

9

## 1.実証実験の概要について

### 1.8 検証項目

- ・今年度実証実験での検証項目の概要を以下に示す。

検証項目	内容
1.車両技術に関する検証	<ul style="list-style-type: none"><li>・自動運転走行の実施による追加所用時間の把握</li><li>・夜間走行時の信号認識精度の把握</li><li>・自動運転技術の向上に資する、手動介入を要するユースケースの把握</li></ul>
2.インフラ連携に関する検証	<ul style="list-style-type: none"><li>・バースタンドに設置する垂れ幕に対する、センサの認識精度の把握</li><li>・車載カメラの増設による、BRT信号の認識精度の向上度合いを把握</li><li>・信号連携による灯色情報活用方法の検証</li><li>・障害物検知による交差点通過時車両制御方法の検証</li></ul>
3.遠隔監視に関する検証	<ul style="list-style-type: none"><li>・遠隔監視者の負担や疲労感の把握</li></ul>
4.サービスに関する検証	<ul style="list-style-type: none"><li>・ひたちBRT利用者、非利用者どちらも含む地域住民を対象とした、自動運転車両実装に対する受容性の把握（インタビュー調査）</li><li>・ひたちBRT利用者を対象とした、自動運転車両が実装されることによるサービスの変化に対する受容性の把握（アンケート調査）</li><li>・VRを用いた自動運転実装時のサービス体験</li><li>・安全走行・運行の合意形成の促進に資する仮想環境検証</li></ul>

10

## 2.車両技術に関する検証結果について

### 2.車両技術に関する検証結果について

#### (1) 検証項目

2022年度実証実験 検証項目

No	検証項目	検証目的	アウトプット	検証方法	検証条件/検証シーン	蓄積数/備考
1	走行速度に関する検証 区間時分	走行区間の所要時間がどのくらい異なるか	走行区間全体の所要時間	以下、各小項目の合計値		
2	走行速度に関する検証 単路部走行時間	単路部の走行に伴う遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	普通車と自動運転車の単路部の走行時間の差	進行距離、自動運転車それぞれについて、単路部0.0mの走行時間を計測	晴天時/雨天時 日中 *すれ違い車両なし	550m
3	走行速度に関する検証 単路部での速度回復	単路部走行時の速度回復により走行時間をどの程度短縮可能な検証する	単路部走行時の走行速度と区間運行時間	所定速度から減速し、所定速度までの回復時間を計測	晴天時/雨天時 日中 *すれ違い車両なし	80m 大磯駅-長が浜 駅(片側1線)
4	走行速度に関する検証 単路部走行時間	臨海西工場の軌道通過に伴う遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	自動運転と手動運転の走行時間差	臨海西工場の軌道通過時の時間を計測	晴天時/雨天時 日中	400m
5	走行速度に関する検証 単路部走行時間	橋の軌道通過に伴う遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	自動運転と手動運転の走行時間差	橋の軌道通過時の時間を計測(送迎物がある箇所と無い箇所の2パターン)	晴天時/雨天時 日中/夜間	4箇所
6	走行速度に関する検証 交差点走行時間	バースト通過に伴う遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	通常時のバースト通過時間 *バースト発生時	バースト通過時の時間を計測	晴天時/雨天時 日中/夜間	3箇所
7	走行速度に関する検証 交差点走行時間	信号無し、交差点 交差点通過に伴う遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	*普通車と自動運転車の単路部の走行時間の差 *交差点通過時間に影響する要素	信号無し、交差点の時間を計測	晴天時/雨天時 日中/夜間	9箇所
8	走行速度に関する検証 交差点走行時間	信号無し、横断歩道 交差点通過に伴う遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	*普通車と自動運転車の単路部の走行時間の差 *交差点通過時間に影響する要素	信号無し+横断歩道の時間を計測	晴天時/雨天時 日中/夜間	3箇所
9	走行速度に関する検証 交差点走行時間	信号無し、車線設定 センサーから検知される検出車両等の情報を把握することによる交差点通過時間の短縮が可能な検証することと区間時分を算出する	*検出車両の検出精度 *検出車両と自動運転車の交差点通過時間 *検出車両と比較した遅れ時間	*検証用カメラ画像から人手で車種/車両位置/速度を把握し、センサー検知と比較 *検出車両の検出精度の測定	晴天時/雨天時 日中/夜間	2箇所
10	走行速度に関する検証 交差点走行時間	信号交差点 検出車両、検出された場合の交差点通過時間を明らかにし、遅れ時間、遅延が可能な検証することと区間時分を算出する	*検出車両の検出精度 *検出車両と自動運転車の交差点通過時間 *検出車両と比較した遅れ時間	*検証用カメラ画像からの検出車両の色を比較し、検出車両から与えられる情報と比較 *信号通過時の交差点通過時間の測定	晴天時/雨天時 日中/夜間	1箇所
11	走行速度に関する検証 バス停	バス停での再開通に係る時間(BRT信号認識)	BRT信号の検出率 BRT信号認識向上させた場合の再開通に係る時間 *自動運転と手動運転の走行時間差	*BRT信号の検出率(正検出/誤検出/未検出)を確認 *再開通に係る時間の測定	晴天時/雨天時 日中	14箇所
12	走行速度に関する検証 その他	大磯駅構内通過時間 大磯駅通過に伴う遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	大磯駅構内通過時の時間を計測(2方向各片側)	大磯駅構内通過時の時間を計測	晴天時/雨天時 日中/夜間	1箇所
13	走行時安全性に関する検証 信号灯色の認識	夜間の信号灯色の認識の可否(交差信号)	夜間の信号灯色の認識の可否を明らかにし、区間時分を算出する	夜間の信号灯色の認識結果を計測	晴天時/雨天時 夜間	14箇所
14	走行時安全性に関する検証 信号灯色の認識	夜間の信号灯色の認識の可否(BRT信号)	夜間の信号灯色の認識の可否を明らかにし、区間時分を算出する	夜間の信号灯色の認識結果を計測	晴天時/雨天時 夜間	14箇所

## 2.車両技術に関する検証結果について

### (2) 検証結果

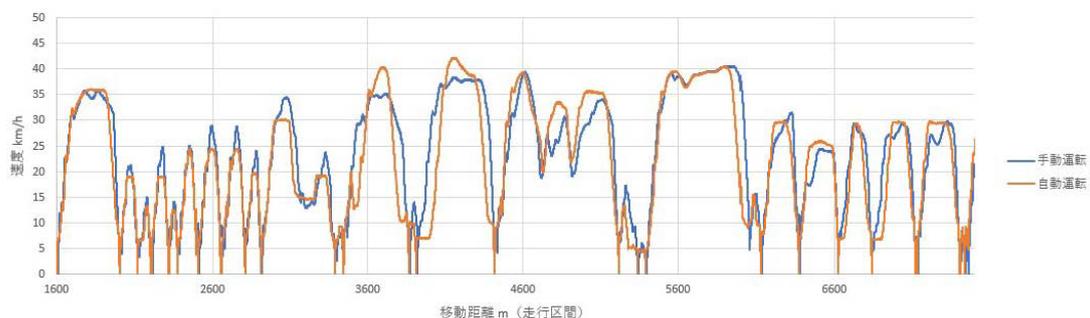
#### No.1 区間時間

走行時間区間全体の所要時間

手動運転 : 1447秒

自動運転 : 1874秒 (平均値)

手動運転との所用時間差は427秒であるが、最高速度、加減速度(速度の傾き)に手動運転と自動運転で大きな乖離はない。所要時間の差は検証項目である、横断帯、信号無し交差点の通過時間などが影響していることが分かった。



13

## 2.車両技術に関する検証結果について

### (2) 検証結果

#### No.2 単路部走行時間

走行時間区間全体の所要時間

手動運転 : 1333秒

自動運転 : 1608秒 (平均値)

手動運転は水木BRTバス停付近での近隣住民配慮の減速対応前のデータであるため、手動運転との時間差が大きい。

14

## 2.車両技術に関する検証結果について

### (2) 検証結果

#### No.4 臨海工場西バス停付近の橋の通過時間

走行時間区間全体の所要時間

手動運転 : 15.7秒  
自動運転 : 17.8秒 (平均値)

手動運転とほぼ変わらない時間で通過することができた。

#### No.5 横断帯の通過時間

走行時間区間全体の所要時間

手動運転 : 6.6秒  
自動運転 : 6.6秒 (平均値)

横断帯に歩行者がいるシーンが少ない為、自動運転と手動運転の差が出ていない。  
横断歩道に横断待ち歩行者がいる場合は、+20秒となる。

15

## 2.車両技術に関する検証結果について

### (2) 検証結果

#### No.6 バーゲート

- ・走行時間区間全体の所要時間  
手動運転 : 8秒  
自動運転 : 15秒 (平均値)

バーゲート通過時は、万が一のためバーゲートが開いていても一度停車しているため、自動運転の方が通過にかかる時間が長くなっている。

- ・バーゲート認識  
2020年度の実証実験ではバーゲートをほとんど認識できておらず、次のような問題があった。
  - ・バーゲート停止後の発車を自動化できない (閉まったままでもバーゲートに侵入する)また、認識できた場合、次のような課題がある。
  - ・通常障害物と異なり、接近して停止する必要がある (接近しなければ開かないことがある)

<変更点>

本年度の実証では、次の対策を実施した。

- バーゲートに垂れ幕を設置した
- バーゲートを検知できるよう、認識ソフトを改修した
  - 正面30m以内の点群を解析し、ゲート属性判断を追加した
- バーゲートと判断した場合のみ、対象へ接近停止するようにした

<結果>

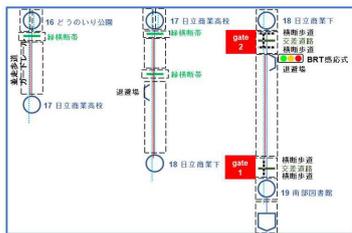
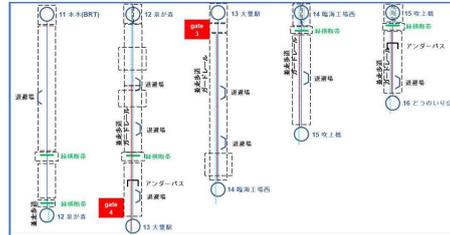
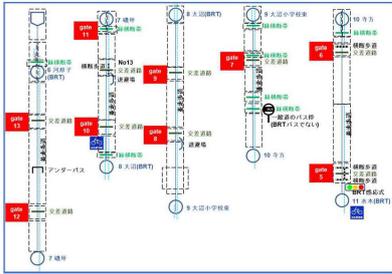
- ・バーゲートを認識し、停止・自動発進を行うことができた
- ・閉じたバーゲートにおいて、開く位置まで接近停止することができた (課題)
  - ・バーゲートの認識が途切れるケースがあり、更なる検出安定性向上が必要である
  - ・バーゲート属性の識別精度を向上する必要がある

16

## 2.車両技術に関する検証結果について

### (2) 検証結果

#### No.6バーゲート



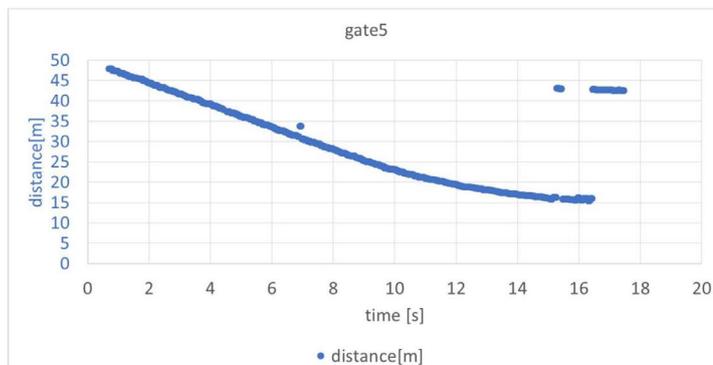
ゲート 番号	奇数便 南部図書館→河原子	偶数便 河原子→南部図書館
1	+ ※開いている時がある	+ ※開いている時がある
2	+ ※開いている時がある	+ ※開いている時がある
3	+	+
4	※先に開いている	+ ※先に開く時がある
5	+	+
6	+	+
7	+	+
8	+	+
9	+	+
10	+	+
11	+	+
12	+	+
13	+	+

17

## 2.車両技術に関する検証結果について

### (2) 検証結果

#### No.6バーゲート



18

## 2.車両技術に関する検証結果について

### (2) 検証結果

#### No.7 信号無交差点の通過時間、およびNo.8 信号無交差点+横断歩道の通過時間

所要時間

手動運転 : 6.6秒  
自動運転 : 19.8秒 (平均値)

バーストップの手前で一時停止し、交差道路前でも一時停止するため、手動運転よりも時間がかかる。

#### No.10 信号交差点における信号認識時間

所要時間

0.4秒 (平均) 但し誤検知を除く。

19

## 2.車両技術に関する検証結果について

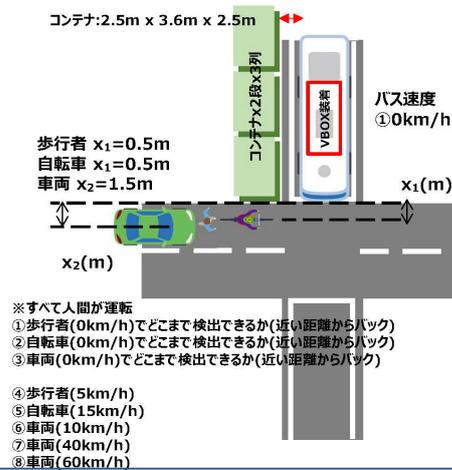
### (2) 検証結果

#### No.9 信号無交差点における認識状況

磯坪交差点のような見通しの悪いところでは車両の認識システムで検知することができなかった。

原因は近距離の固定物が優先されてしまい、遠くから近づいてくる車両の検知結果を制御に活かすことができなかったためである。(事前のJARI試験場のテストでは60m先の車両を検知できていた)

#### 事前のテスト結果



【結果】  
人、自転車、自動車、  
バレーンカーともに  
60mから安定検知。

20

## 2.車両技術に関する検証結果について

### (2) 検証結果

#### No.11 バス停での再発進時間

乗客がない場合、手動と自動では特に変化なし。

#### No.12大塚駅ロータリー通過時間

所要時間

手動運転 : 133秒  
自動運転 : 178秒 (平均値)

手動運転よりも速度を抑えているため、時間がかかっている。

21

## 2.車両技術に関する検証結果について

### (3) 課題

#### ●自己位置推定

磁気マーカを敷設していたがバス停や交差道路周辺では磁気マーカがなく、マーカ未検知の故障と未敷設区間の走行を精緻に区別できなかったため、RTK-GPS<sup>※1</sup>主体で自己位置推定を行っていた。これにより、RTK-GPSが不安定になったときにオーバーライドすることがあった。来期に向けては、磁気マーカとSLAM<sup>※2</sup>を併用した自己位置推定を行うことで、自己位置推定手法を冗長化した自動運転走行ができるよう推進する。

※1 既知点からの補正観測情報を携帯電話網を利用して送信し、車両の位置をリアルタイムで測定する方法  
※2 センサーを搭載した車両を用い、移動しながら周囲の環境をマッピングし、センサー画像などから任意の基準点を設け、自らの相対的な位置を特定する方法

#### ●見通しの悪い交差点での障害物検知

磯坪交差点など、見通しの悪い交差点においては、車両に搭載した認識システムで検知した結果を制御に活かすことができなかった。これは、LiDARの検知結果にカメラの物標情報を組み合わせて物体を判定するシステムとしていたため、LiDARの情報のみで物体を検知した場合に、その情報を制御システムに送ることができなかった。来期は、カメラ搭載位置を変更し、見通しの悪い交差点での交差車両等を自動運転バスから検知できるようにする。

#### ●信号認識

昼間の認識率は、実走行のデータを学習することで、改善することができた。夜間においては、昼間よりも判定に時間がかかる傾向がみられた。認識率だけでなく、認識距離の拡大、信号灯色の判定時間の短縮が課題であり、これは、多様化においても重要な項目となる。

来年度に向けては、実証実験前により精度を上げられるよう、より多くの学習データを用いて信号認識の課題対策を検討していく。

22

## 2.車両技術に関する検証結果について（手動介入）

### （1）検証項目

- 車内に調査員が同乗し、手動介入の発生回数、発生場所、発生事象について1便毎に収集した。
- 整理項目として、危険事象を回避するヒヤリハット事象、走行の円滑性を確保するサービス性、システム不具合の区分で整理をした。
- ヒヤリハットは基本的にはブレーキ操作、サービス性はアクセル操作による手動介入となる。

<手動介入の整理項目>

手動介入事象		操作			
区分	具体的内容	ブレーキ	アクセル	ハンドル	
ヒヤリハット (危険事象の回避)	走行位置	① 設定走行レーンからのブレ・ふらつき	○		○
		② バス停着時の不備（停止不十分・停止位置ズレ）	○		○
	障害物回避	③ すれ違い時の対向車両との接近	○		○
		④ 横断歩道における歩行者待ち	○		
		⑤ ルート上の障害物回避（横断者）	○		
		⑥ ルート上の障害物回避（道路上の障害物）	○		○
		⑦ 専用道と一般道路との交差点における危険回避	○		○
		⑧ 通常BRTバスとの接近/鉢合わせによるブレーキ操作	○		○
		⑨ バーゲート開閉時の危険回避（バーゲートへの接近）	○		
	走行性	⑩ 信号通過・停止の判断の違いに伴う危険回避	○		
		⑪ 交通用信号の赤信号による停車	○		
サービス性 (運行支援)	⑫ 青信号不認知によるアクセル操作		○		
	⑬ バーゲート反応距離までのアクセル操作		○		
	⑭ 歩行者/車などの誤検知による停車	-	-	-	
システム不具合	⑮ GPSエラーによる手動走行	-	-	-	
	⑯ ブレーキチェックランプ点灯による手動走行	-	○	-	
	⑰ 発進しない/自動運転に切り替わらない	-	○	-	
その他	⑱ その他	-	-	-	

23

## 2.車両技術に関する検証結果について（手動介入）

### （2）検証結果：①全体発生状況

- 2022年12月16日から2023年2月28日までに発生した自動運転時の手動介入事象について整理を実施。
- 期間合計で437回、約1.3回/便の手動介入が発生。
- 手動介入別では、⑦専用道と一般道との交差点における危険回避が最も多く、次いで⑫青信号不認知によるアクセル操作、⑬バーゲート反応距離までのアクセル操作が多く発生した。

<手動介入発生事象一覧>

手動介入事象		操作			発生状況		
区分	具体的内容	ブレーキ	アクセル	ハンドル	回数	割合	
ヒヤリハット (危険事象の回避)	走行位置	① 設定走行レーンからのブレ・ふらつき	○		○	6	1.4%
		② バス停着時の不備（停止不十分・停止位置ズレ）	○		○	1	0.2%
	障害物回避	③ すれ違い時の対向車両との接近	○		○	21	4.8%
		④ 横断歩道における歩行者待ち	○			6	1.4%
		⑤ ルート上の障害物回避（横断者）	○			3	0.7%
		⑥ ルート上の障害物回避（道路上の障害物）	○		○	3	0.7%
		⑦ 専用道と一般道路との交差点における危険回避	○		○	85	19.5%
		⑧ 通常BRTバスとの接近/鉢合わせによるブレーキ操作	○		○	23	5.3%
		⑨ バーゲート開閉時の危険回避（バーゲートへの接近）	○			4	0.9%
	走行性	⑩ 信号通過・停止の判断の違いに伴う危険回避	○			8	1.8%
		⑪ 交通用信号の赤信号による停車	○			1	0.2%
サービス性 (運行支援)	⑫ 青信号不認知によるアクセル操作		○		80	18.3%	
	⑬ バーゲート反応距離までのアクセル操作		○		64	14.6%	
	⑭ 歩行者/車などの誤検知による停車	-	-	-	10	2.3%	
システム不具合	⑮ GPSエラーによる手動走行	-	-	-	43	9.8%	
	⑯ ブレーキチェックランプ点灯による手動走行	-	○	-	29	6.6%	
	⑰ 発進しない/自動運転に切り替わらない	-	○	-	24	5.5%	
その他	⑱ その他	-	-	-	26	5.9%	
合計					437		
日数					44		
便数					348		
1便当たり 平均手動介入回数					1.26		

24



## 2.車両技術に関する検証結果について（手動介入）

### （3）課題

今回発生した手動介入について、主な課題、今後の対応方針（案）を以下に示す。

#### 1) ヒヤリハット

- ・専用道と一般道との交差点におけるブレーキ操作による危険回避が多く発生した。
- ・交差点では、車両側方のカメラによる接近車両の検知及び安全確保のため2段階での一時停止の運行としていた。
- ・今後は、車両前方へのカメラ追加による検知範囲の向上、交差する一般車両向けのHMIの検討が必要となる。

#### 2) サービス性

- ・青信号不認知によるアクセル操作、バーゲート反応距離までのアクセル操作は、実証期間中の再学習により改善された。

#### 3) システム不具合

- ・ブレーキチェックランプ点灯により自動走行ができない事象は、内部のコネクタ交換を行い、発生回数が減少したものの、コネクタ交換後も同様事象が発生したため発生要因の精査が必要。
- ・実証期間後半にGPSエラーにより自動走行ができない事象が発生した。発生要因の一つは行き先切替時の設定エラーにより発生していたが、モニター乗車後にソフトウェアを更新し解消を確認した。GPS受信機と車両コントローラとの通信エラーも要因となっており、こちらは通信経路の見直しに依って改善されたが、再現試験も含めて原因を特定し、今後対策を講じる。

27

## 3.インフラ連携に関する検証結果について

### 3.インフラ連携実証実験の検証結果について

#### 3.1 信号連携

##### (1) 検証項目

###### ①実験の目的

- 信号連携による灯色情報活用方法の検証  
インフラからの信号情報と自律車両の信号認識機能との整合性（灯色、切り替わりの時間遅れの有無等）を検証する。

###### ②実験に用いた車両と設置したインフラ

- 車両（p 6 参照）
- 設置したインフラ  
信号連携（信号灯色）協調型路側機他（右下図参照）  
場所 水木交差点

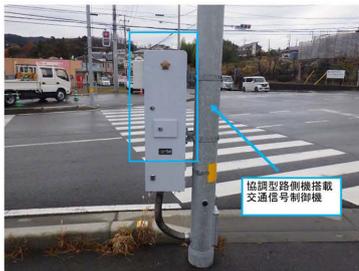


写真 水木交差点設備

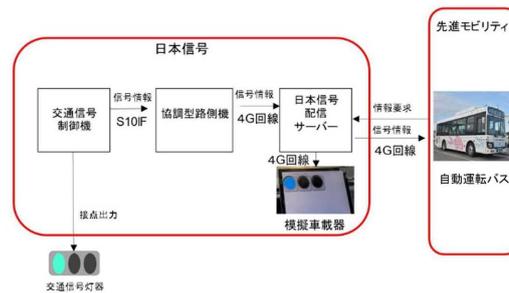


図 信号情報提供システム構成

29

### 3.インフラ連携実証実験の検証結果について

##### ③検証方法

- 水木交差点接近時、車両とインフラ設備間で灯色情報を通信  
インフラ側（送信）、車両側（受信）双方で通信状態をログで検証
- インフラ設備から得た灯色情報と車載センサー（カメラ）の灯色情報を突き合わせて、車両の停止・発進を制御

##### (2) 検証結果

###### ①インフラ側が提供する実灯色切替わりと車両側で受信する信号情報の時間的誤差

- 時間的誤差は、平均17ms（標準偏差26ms、赤→青への切替わりの場合）であり、日本自動車工業会要求値の±300ms以内を満たしている。

表 水木交差点信号情報表示誤差(単位:ms)母数13回

交差点	最大値	最小値	平均誤差	標準偏差
青⇒黄	53	14	32	13.36
黄⇒赤	67	0	17	21.33
赤⇒青	96	0	17	25.52

###### ②車両側停止・発進制御

- インフラ情報を用いて車両の停止・発進が可能であることを確認した。

30

### 3.インフラ連携実証実験の検証結果について

#### (3) 課題

##### ①結果の考察

- 水木交差点の灯色（インフラ情報）は、安定して送信・受信する事ができたため、車載センサー（カメラ）による灯色情報が不定な場合には、インフラ情報を用いた自律車両の停止・発進制御が可能である事を確認できた。
- 灯色情報取得に関して、冗長性を確保する事ができる結果となった。

##### ②課題

- 2種類の情報の使い方については、a)一方を優先し、他方は補完的に扱うのか、b)両者同等とみなして情報が一致しない場合には、制御に用いない事とするのかなど、インフラ情報の車両制御への使い方について、更に検討が必要である。

31

### 3.インフラ連携実証実験の検証結果について

#### 3.2 障害物検知

##### (1) 検証項目

##### ①実験の目的

- 交差道路上の障害物検知（位置・速度）による交差点通過時車両制御方法の検証  
※自律車両のセンサーによる横方向見通し距離は約60m（JARIテストコースでの試験結果）見通しの悪い交差点通過時、車載センサーのみの制御は安全性、サービス性の両面に懸念がある。

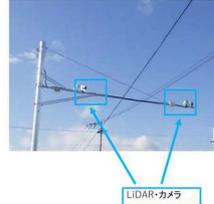
##### ②実験に用いた車両と設置したインフラ

- 車両は、物標情報を基にTTC※を計算、 $TTC < 5$ 秒になった場合、前進不可判断をする制御ロジックを用いた
- 設置したインフラ（2か所）  
信号柱・カメラ・LiDAR他：場所 磯坪交差点、南部図書館交差点

※TTC：Time to Collision 衝突対象となる車両との距離を速度の差（相対速度）で割ることで算出される、衝突までの時間



磯坪交差点設備写真



南部図書館交差点設備写真



32

### 3.インフラ連携実証実験の検証結果について

#### ③検証方法

- 2か所それぞれの交差点接近時、車両とインフラ設備間で交差道路側の障害物情報を通信  
インフラ側（送信）、車両側（受信）双方で通信状態をログで検証
- インフラ設備から得た障害物情報を用いて、車両の停止・発進を制御  
受信間隔：200ms毎、交差点進入の約10秒前から受信開始

#### (2) 検証結果

##### ①インフラ側提供情報の位置誤差

- インフラ側が得た障害物の検出率（100%）、識別率(車種の識別：99%)については良好な結果を得た。
- 位置誤差、速度誤差は、自律車両開発者からの要求精度（1m以下、1km/h以下）を満たしていない。

※取得範囲は、交差点から15～100mまでの交差道路上の範囲をインフラ側で保証

##### ②車両側停止・発進制御

- インフラ情報を用いた車両の停止・発進を行える可能性があると考えられる。（次頁参照）

位置誤差 (m)	最大	2.9
	最小	0
	平均	0.9
	標準偏差	0.6
速度誤差 (km/h)	最大	3.3
	最小	-3.3
	平均	0
	標準偏差	0.9

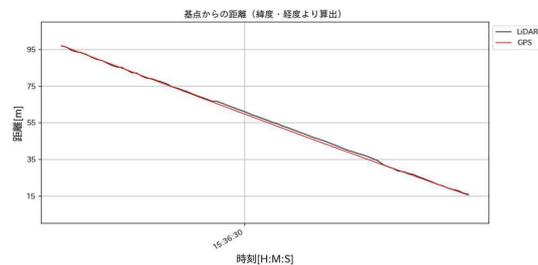


図 磯坪停車場北交差点海側 位置誤差(一例)

33

### 3.インフラ連携実証実験の検証結果について

#### ②車両側停止・発進制御

- インフラ情報を用いて車両の停止・発進の可能性があることが分かった。  
(解説)：下記グラフは横軸を時間、左の縦軸が自律車両の実速度、右の縦軸がTTCの時間である。今回は2段階停止を必須としたため、交差車両（オレンジの点線）がTTC<5秒となるタイミングより前に、ブレーキ制御が行われている（灰色の線が車速5.2km/hから降下している）。交差車両のTTC<5秒となるタイミングが500ms～1s手前のタイミングであれば（オレンジラインが赤破線にあれば）、自律車両はブレーキ動作を車速3.5km/hから開始していた可能性がある。

- ※5秒間加速中に車載センサーから見える範囲は、30～40m
- ※5秒間減速中に車載センサーから見える範囲は、40～60m  
(次頁参照)

交差車両が1秒早いタイミングで存在した場合（仮定）のブレーキ開始タイミング  
車両速度 = 3.5km/h  
停止までの走行距離 = 2.4m

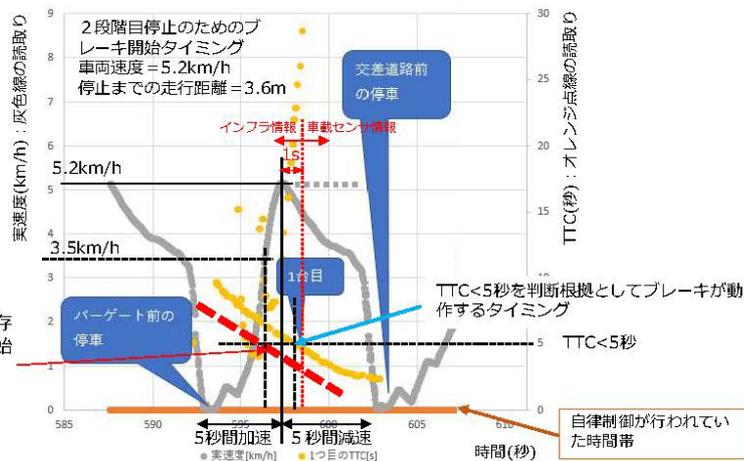
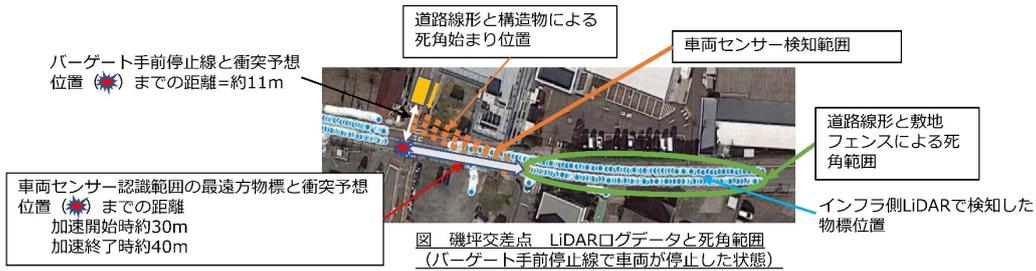


図 磯坪停車場北交差点での車両挙動

34

- 1) バーゲート手前停止線で自動運転バスが停止している状態  
 ⇒ 5秒間加速中に車載センサーから見えている範囲(距離)は加速開始時30m～加速終了時40m



- 2) 交差点手前停止位置で自動運転バスが停止した状態  
 ⇒ 5秒間減速中に車載センサーから見えている範囲(距離)は減速開始時40m～減速終了時60m

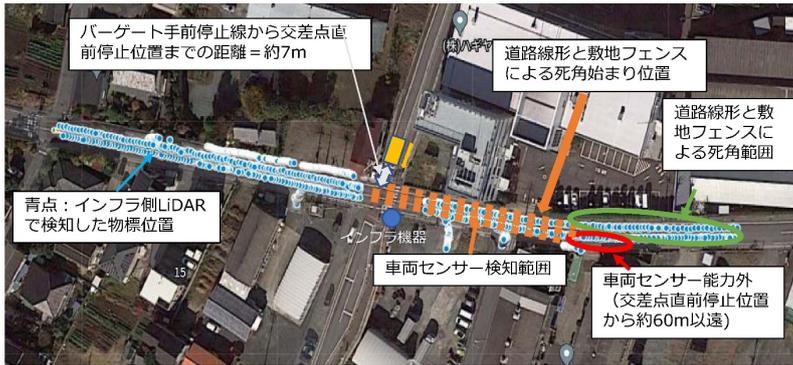


写真 東側(死角)から磯坪交差点を撮影

②車両側停止・発進制御(解説の続き)

- ・実際の走行は、バーゲート手前停止線から加速終了地点まで、速度が0→5.2km/h、5秒間で3.6mを走行し、その後交差点停止位置まで同様の時間、距離で停止した。(下表①と④参照)
- ・仮に加速終了地点から減速せず徐行を続けた場合、交差道路に存在する障害物までの距離は約58mと試算され(下表②参照)、加速終了地点から車載センサーが検知できる距離は40m程度(全頁図参照)であることから、58m先の障害物は死角内に存在している事になる。
- ・この位置の障害物の物標情報は、車載センサーが障害物を捉えるより前に、インフラ側から情報を得ることで、車両のブレーキを作動させ、車載センサー単独での制御よりも、より安全性が高まる方向で停止できる可能性がある。
- ・同様の計算を交差点を通過しきるまでの想定で行った所(下表③参照)、障害物までの距離は127mと算定され、このような位置では、一般車両等障害物側の減速なども予想される距離であり、また、インフラ側検知範囲も超えているため、インフラ情報が活用できるかどうかについては、引き続き別種の検討が必要である。

表 加速終了地点から徐行を続けた場合の試算

地点	距離 (m)	速度 (km/h)	時間 (秒)	障害物までの距離 (m)	備考
①バーゲート手前停止線から加速終了地点(減速開始地点)	3.6	0→5.2	5	—	加速度0.03G(実際の走行)
②加速終了地点から交差道路障害物との衝突予想地点	7.4	5.2	5.2	58	バーゲート手前停止線から衝突予測地点の距離=11mから①の距離3.6mを引いた値=7.4m 加速終了地点から時速5.2km/hで徐行し続けた場合
③交差点通過	16.4	5.2	11.4	127	バス長さ9m
(参考)④減速開始地点から交差点手前停止位置	3.6	5.2→0	5	—	減速度0.03G(実際の走行)

※障害物までの距離: 交差道路に存在する障害物と衝突予想地点の距離、速度40km/hの場合

## 3.インフラ連携実証実験の検証結果について

### (3) 課題

#### ①結果の考察

- 今回の実験では、交差点で2段階（バーゲート前と交差点進入直前）停止としたため、TTC<5秒を判断理由としてブレーキが掛かった事実（ログ）は無かったが、見通しの悪い交差点の交差側道路の障害物情報（位置、速度）を自律車両は受信し、TTC算定を行った事を確認した。
- 磯坪交差点を南進（多賀駅→おさかなC）するバスの左手には道路線形と建物敷地の塀の位置関係から自律車両にとって死角となる範囲がある。死角内の障害物情報に基づくTTCを判断根拠とすれば、交差点手前の2段階目の停止を必須としなくとも、より安全性が高まるタイミングでの自動ブレーキ制御を行える可能性があることが分かった。

#### ②課題

- 障害物検知性能（未検知、誤検知）、通信性能（遅延、速度）の向上は課題である。今回は自律車両と通信対象の信号柱が1対1だったが、将来的には多対多になる事が予想されるため、信号配信サーバーをどのように構築していくのかは課題である。
- 死角内の複数の障害物情報に基づくTTC算定と自律車両の位置と速度を連動させて制御するプログラムの搭載が必要である。
- 交差点手前で停止せずに交差点を通過する（通過時間短縮によるサービス性の向上）ためには、インフラ側情報の遠方の検知精度が一層向上し、センサーを複数台設置するなどの方法で、死角内に物標が「無い」事を証明する仕組みが必要である。また、遠方距離の障害物の危険回避の減速操作等とインフラ情報活用の関連性について、引き続き検討が必要である。

※TTC：Time to Collision

衝突対象となる車両との距離を速度の差（相対速度）で割ることで算出される、衝突までの時間

37

## 4.サービスに関する検証結果について

## 4. サービスに関する検証結果について

### 4.1 サービス実証の概要

#### ■ 目的

- 令和4年の有人L4自動運転バスに試乗してもらい、理解・関心の醸成を図るとともに、試乗しての評価等に関する調査協力を得る

#### (1) 検証項目

区分	設問項目案
自動運転に関する意識 (基本的な意識)	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動運転は、地域のバス営業が継続するのに有効か</li> <li>高齢などで運転できなくなったときに、自動運転バスがあれば便利か</li> <li>自動運転バスにより、運転手の不足が解消されると思うか</li> <li>自動運転バスにより、便数が増えて便利になると思うか</li> <li>自動運転が普及することで社会の変化に期待をするか</li> <li>自動運転が普及することで社会の変化に不安を感じるか</li> <li>最新の技術による自動運転よりも、人間の運転の方が安全な気がするか</li> </ul>
自動運転の懸念 への受容度合	<ul style="list-style-type: none"> <li>停止頻度が増える可能性があること</li> <li>運転手のいるバスより速度が遅い可能性があること</li> <li>悪天候時などでは、速度を下げた運転になること</li> <li>極端な悪天候時には待ち時間が発生すること</li> <li>運行者とのやり取りが遠隔での対応となること</li> <li>車内安全ルールの遵守をより厳格に求められること</li> <li>周囲の歩行者や自転車の交通ルールが厳しくなること</li> </ul>
自動運転を地域 に入れる意義認識 と態度	<ul style="list-style-type: none"> <li>日立市の移動において、懸念される課題</li> <li>現状のBRT、自動運転化の必要性（自身にとって、家族・地域にとって）</li> <li>自動運転を活かすにあたり、技術以外に必要なこと</li> </ul>
属性	<ul style="list-style-type: none"> <li>年齢、性別、居住地、職業</li> <li>免許の保有状況、有人BRTの利用状況・利用目的、バス停までの交通手段</li> </ul>

39

## 4. サービスに関する検証結果について

### 4.1 サービス実証の概要

#### (1) 検証項目

#### ■ 調査票

**ひたち BRT 実証実験・体験乗車参加者アンケート**

今後の改善に役立てて参りますので、アンケートへのご協力をお願いいたします。

乗車日 2月\_\_日

この調査は Web スマホからも回答いただけます。

※1. 今回体験乗車を、「自動運転」についてどのように感じましたか（それぞれあてはまる番号に○）。

	全くありません	ほとんどありません	どちらかといえば	どちらかといえば	あてはまっています
①自動運転により、交通が便利になる地域が特定される	1	2	3	4	
②最新の技術による自動運転よりも、人間の運転の方が安全	1	2	3	4	
③自動運転の普及・普及による社会の変化に期待している	1	2	3	4	
④自動運転の普及・普及による社会の変化に不安を感じる	1	2	3	4	

※2. 今回体験乗車を、次の自動運転の特徴についてどう感じましたか（それぞれあてはまる番号に○）。

	受け入れられず	受け入れられず	どちらかといえば	どちらかといえば	受け入れられています
①安全確保のために、停止する回数が増える可能性があること	1	2	3	4	
②安全な進行のために、運転手のいるバスより速度が遅くなる可能性があること	1	2	3	4	
③悪天候の時などは、速度を下げた運転になること	1	2	3	4	
④悪天候の時に、有人運転への切り替えのため、待ち時間が生じる可能性があること	1	2	3	4	
⑤乗務員が不在の場合、質問や問い合わせへの対応が課題となること (例 インターホンでの対応)	1	2	3	4	
⑥車内安全ルールを厳格に守らなければならないこと (例 走行中の車内移動の禁止)	1	2	3	4	
⑦自動運転の安全な運行のために、周辺の歩行者や自転車に対する交通ルールが厳くなること (例 歩行者や自転車以外の乗車禁止)	1	2	3	4	

※3. 今回体験乗車を、全体としてどう感じましたか（あてはまる番号に○）。理由もお書きください。

1. 良い印象を持った 2. どちらかといえば良い印象を持った 3. どちらかといえば悪い印象を持った 4. 悪い印象を持った

【理由】

⇒ 裏面へ続きます（裏面では日立市の移動についてお話しします）

※4. 次のうち、日立市の移動において、現在もしくは将来、課題であると思うことはどれかあてはまっていますか（あてはまる番号はいづれでも○）。

1. 公共交通（鉄道・バス等）の不足 2. 交通事故 3. 高齢者による運転・免許返納  
4. 公共交通（鉄道・バス等）の不足 5. ドライバー（運転手）の不足 6. ドライバー（運転手）の確保  
7. その他（具体的に：）

※5. 次のそれぞれに照し、どのようにお考えになりますか（それぞれあてはまる番号を右から選んで記入）。

①現状（有人）のひたち BRTは必要か	1. 必要・確立	2. どちらかといえば必要・確立	3. どちらかといえば不要・確立しない	4. 不要・確立しない
②現状（有人）のひたち BRTは必要か	1. 必要・確立	2. どちらかといえば必要・確立	3. どちらかといえば不要・確立しない	4. 不要・確立しない
③ひたち BRTの自動運転化は必要か	1. 必要・確立	2. どちらかといえば必要・確立	3. どちらかといえば不要・確立しない	4. 不要・確立しない
④ひたち BRTの自動運転化は必要か	1. 必要・確立	2. どちらかといえば必要・確立	3. どちらかといえば不要・確立しない	4. 不要・確立しない

※6. 自動運転の技術にはまだ課題がありますが、自動運転バスを安全・有効に走らせるために、さらなる技術開発以外で何が重要だと思いますか（あてはまる番号はいづれでも○）。

1. 自動運転バスから、懸念している人に対する情報発信（曲がります、止まりますなど）  
2. 自動運転バスから、周辺を通行する人やクルマ、自転車などへの情報発信（曲がります、止まりますなど）  
3. 自動運転バスであることが周囲に伝わるような、わかりやすいデザイン  
4. 懸念している人における、自動運転バスへの理解  
5. 周辺を通行する人やクルマ、自転車などの運転者における、自動運転バスへの理解  
6. 地域・自治体・地元の実業者などの協力・支援  
7. その他（具体的に：）

【自由回答】その他、自動運転バスに試乗してお気づきの点や期待、不安など、ご自由にお書きください。

最後に、あなたご自身のことについてお知らせください（それぞれあてはまる番号に○）。

①年齢	1. 19歳以下 2. 20～29歳 3. 30～39歳 4. 40～49歳 5. 50～59歳 6. 60～69歳 7. 70歳以上
②性別	1. 男性 2. 女性 3. その他
③居住地	1. 日立市内 → 日立市 ( ) 丁目 2. 日立市外 → 県 市 町 村
④職業	1. 会社員・公務員・団体職員 2. 会社役員 3. 派遣社員 4. パートアルバイト 5. 自営業・自由業 6. 無業・専業主婦 7. 学生 8. 無職（専業主婦・主夫を含む）
⑤運転免許	1. 持っている 2. 以前持っていたが今は持っていない 3. 取得したことがない
⑥乗車のひたち BRT(有人)の利用状況	1. ほぼ毎日 2. 週に2～3回程度 3. 週に1回程度 4. 月に2回程度 5. 月に1回程度 6. 月に1回未満、全く乗らない

※7. 1～5. に回答された方のみ ↓

⑦主な利用目的

1. 通勤・仕事 2. 通学 3. 通所（買い物含む） 4. 買い物
5. 娯楽上の移動 6. 余興・レジャー 7. その他（具体的に：）

※8. 自宅からBRTバス停までの交通手段

1. 徒歩 2. 自転車 3. バイク
4. 徒歩 5. 自転車（荷物持ち込み） 6. その他（具体的に：）

※9. ご協力ありがとうございました。お使いいただきました解読用紙はどうかお持ち帰り下さい

40

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題

#### (2)検証結果

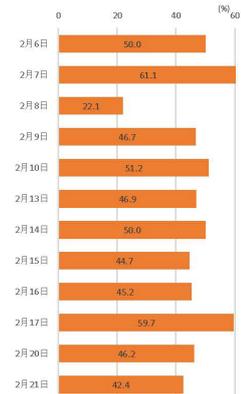
##### 1) アンケートの実施概要

- 体験乗車モニターが乗車する際に調査票（紙）を配布、Webからも回答できるようにし、紙とWebで回収を行った。
- 回答者数は351名（調査実施日：令和5年2月6日（月）～21日（火））。

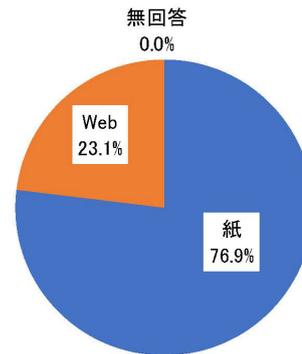
日別回答者数



日別回答率



回答方法



各日に乗車した人に占めるアンケートに回答した人の割合

## 4.サービスに関する検証結果について

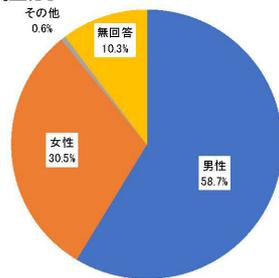
### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題

#### (2)検証結果

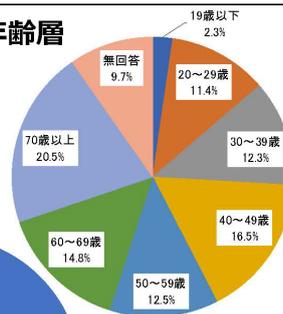
##### 2)回答者属性 ①基本属性

- 性別は男性が約2/3、女性が1/3。年齢層は20歳以上概ね均等だが、70歳以上がやや多い。
- 居住地は日立市民が半数強。
- 職業は「会社員・公務員・団体職員」と「無職」が多い。  
→平日昼間の実証だが、サラリーマン層の関心を集めた。

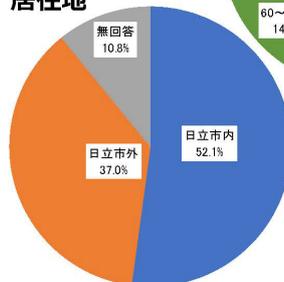
性別



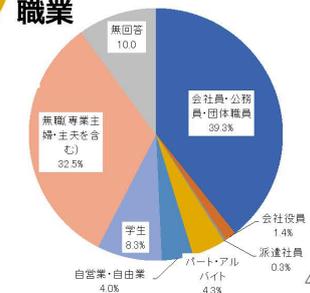
年齢層



居住地



職業



## 4.サービスに関する検証結果について

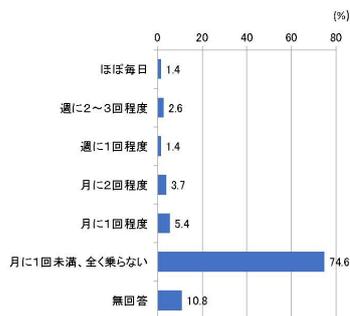
### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題

#### (2)検証結果

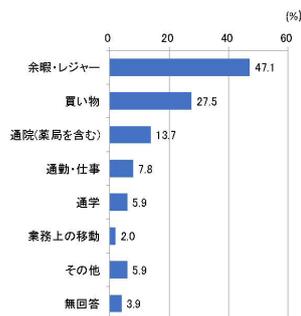
##### 2)回答者属性 ②普段のBRT（有人）の利用状況

- 利用頻度は月1回未満の方が多い。
- 利用目的は「余暇・レジャー」「買い物」が多い。  
→普段通勤・通学で利用している層の実証への参加は少ない。
- バス停までの交通手段目的は「徒歩」が多い。  
→回答者はバス停まで徒歩圏の住民（沿線住民）が中心。

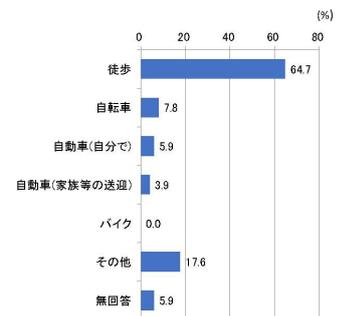
##### 利用頻度



##### 主な利用目的



##### バス停までの交通手段



※月に1回程度以上利用する人のみ (n=51)

※月に1回程度以上利用する人のみ (n=51)

43

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題

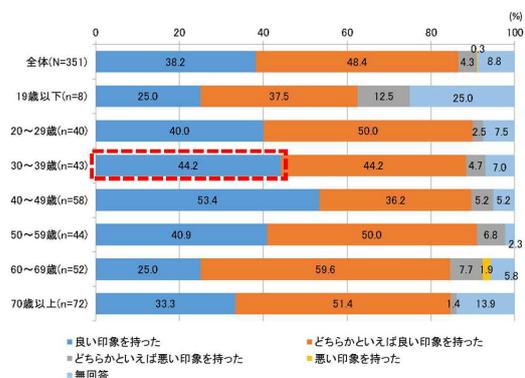
#### (2)検証結果

##### 3)今回の体験乗車の感想

- 全体で86.6%が肯定的（良い印象、どちらかといえば良い印象）に回答。
- 20歳代~50歳代で肯定的回答が多く、特に40歳代に「良い印象」の回答が多い。
- 肯定的に回答した人は、その理由に「加減速がスムーズ」「安全」などを挙げている。
- 否定的に回答した人が挙げている理由には、対策を施すことで軽減可能なものもあり（防犯対策、車内アナウンスなど）。

##### 体験乗車の感想（年齢別）

今回体験乗車をして、全体としてどうお感じになりましたか



● 良い印象を持った  
● どちらかといえば悪い印象を持った  
● 悪い印象を持った  
● 無回答

##### 理由（自由回答）

肯定的回答をした人	理由
●	加減速がスムーズ。ブレーキも気にならない
●	しっかり安全を確認していて良いと思いました
●	有人運転と変わらぬ運行でした
●	高齢化に伴い、このような事は良い
●	運転士不足を解消でき、高頻度運転出来そうだから
否定的回答をした人	理由
●	乗車時間の増加
●	加減速時の乗り心地の不快感。
●	将来的に無人化運転への不安。車椅子、足が不自由な人の乗車方法、防犯対策
●	なぜ低速走行や一時停止をしているのかわからないことがストレス。車内アナウンスが必要
●	専用道路での運行は良いが、一般道は無理ではないか

肯定的回答：「良い印象を持った」+「どちらかと言えば " "」  
否定的回答：「悪い印象を持った」+「どちらかと言えば " "」

44

## 4.サービスに関する検証結果について

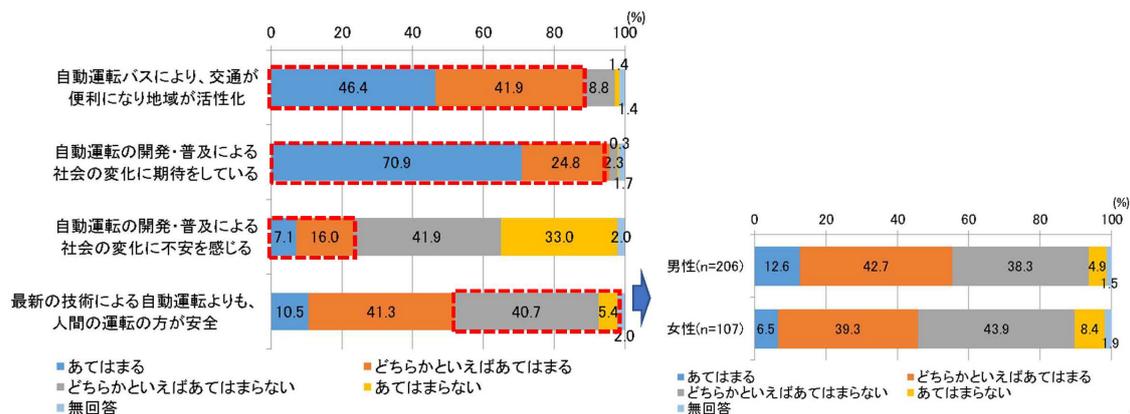
### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題

#### (2)検証結果

##### 4)自動運転への印象 ①回答の全体像

- 自動運転による「地域の活性化」には約88%が肯定的回答。
- 自動運転による「社会の変化への期待」は多く、「社会の変化への不安」は少ない。
- 安全性に関しては、自動運転/人間の運転で評価が拮抗した。  
→総論としての期待は大きい、安全性には不安を持つ人も。
- 男性は女性より「人間の運転が安全」の回答が多い。

**自動運転への印象** 今回体験乗車をして、「自動運転」についてどのように感じましたか



## 4.サービスに関する検証結果について

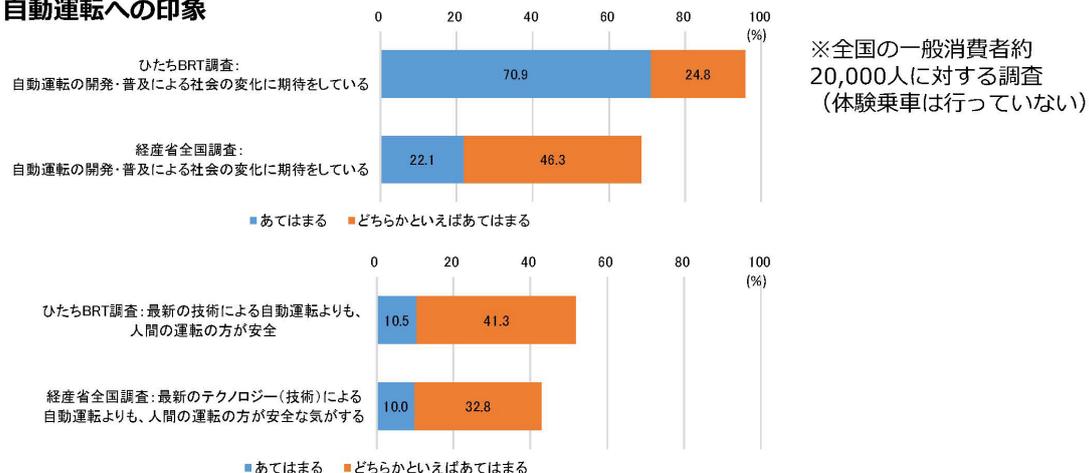
### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題

#### (2)検証結果

##### 4)自動運転への印象 ②過去の全国調査との比較

- 過去の全国調査※と比較すると、ひたちの体験乗車参加者は「社会の変化への期待」への回答が高い。
- 一方、「人間の運転が安全」の回答はひたちの体験乗車参加者の方が大きい。  
→不安は感じつつ、期待も大きい

**自動運転への印象**



## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題

#### (2)検証結果

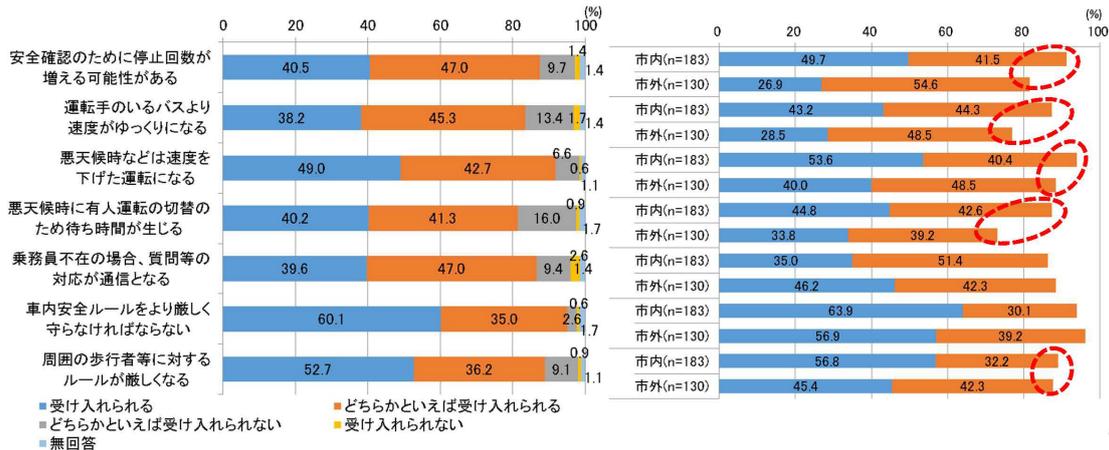
##### 5)自動運転の制約に対する許容

- 自動運転により懸念される制約を提示したが、どの項目とも8割以上が肯定的※に回答。  
※「受け入れられる」「どちらかといえば受け入れられる」の計。
- 居住地別では、7項目中5項目で市民の方が許容する割合が高い。  
→「有人バスの存在の認知・親近感」あるいは「過去の実証実験への参加経験」

#### 自動運転の制約に対する許容

#### 同居住地別（肯定的意見）

今回体験乗車をして、次の自動運転の特性についてどう思いましたか



## 4.サービスに関する検証結果について

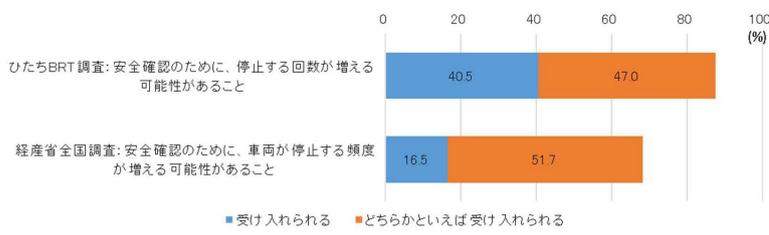
### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題

#### (2)検証結果

##### 5)自動運転の制約に対する許容 ②過去の全国調査との比較

- 過去の全国調査※と比較すると、「停止回数増加」「速度低下」「悪天候時の待ち時間」「問い合わせが通信となること」「車内のルールを厳格に守るべきこと」のすべてについて、私たちの体験乗車参加者は許容度が高い。
- 日立でこれまでも自動運転の実証実験が行われていることや、境町のように県内の他地域でも自動運転公共交通が走行していることなどから、自動運転への理解が全国平均より高いことが考えられる。

#### 自動運転の制約に対する許容

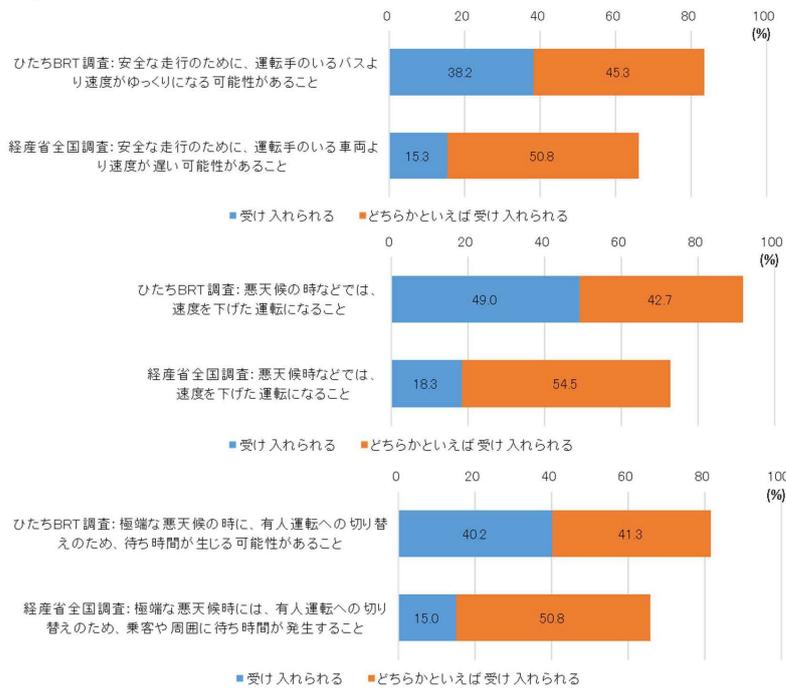


※全国の一般消費者約20,000人に対する調査  
(体験乗車は行っていない)

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題 (2)検証結果

#### 5)自動運転の制約に対する許容 ②過去の全国調査との比較 (続き)

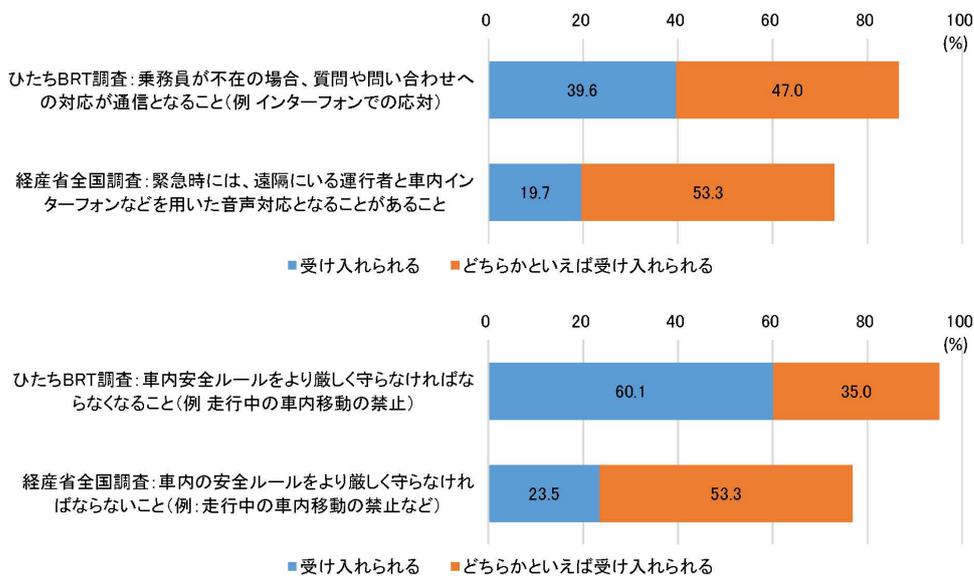


49

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題 (2)検証結果

#### 5)自動運転の制約に対する許容 ②過去の全国調査との比較 (続き)



50

## 4.サービスに関する検証結果について

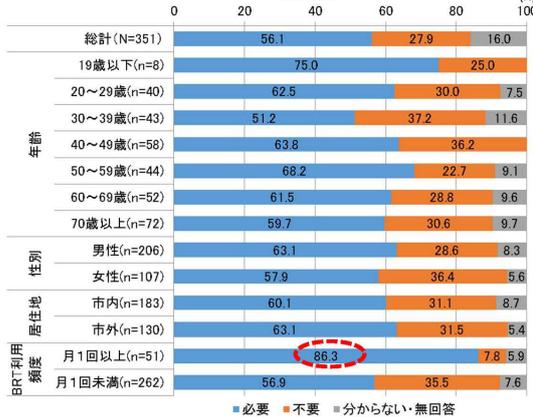
### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題 (2)検証結果

#### 6) 現行のBRTの必要性

- 回答者自身にとって現行のBRTが必要との回答は56.1%。月1回以上の利用者に多い。  
→自分自身が納得するには定期的な利用が必要。
- 家族・地域にとって現行のBRTが必要との回答は63.5%。50歳代、男性に特に多い。  
→家族・地域への働きかけの促進も重要。
- いずれも市民より市外住民の方が必要との回答が多い。  
→市外住民は関心の高い層が参加したと思われるが、市民には一層の必要性の喚起が必要。

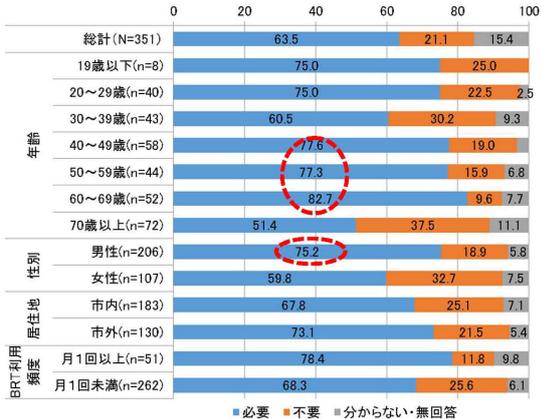
#### 回答者自身にとって

①現状（有人）のひたちBRTはあなたにとって必要ですか



#### 家族・地域にとって

②現状（有人）のひたちBRTは家族や地域にとって必要ですか



51

## 4.サービスに関する検証結果について

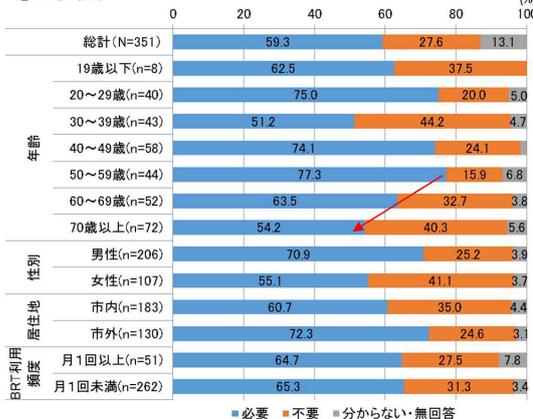
### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題 (2)検証結果

#### 7) 自動運転化の有用性

- 回答者自身にとってBRTの自動運転が有効との回答は59.3%。利用頻度による差はない。  
40~50歳代に対し70歳代では有効との回答が減少。
- 家族・地域にとって自動運転化が有効との回答は67.8%。概ねどの年齢層でも回答者にとってより家族・地域にとって有効との回答が多い。

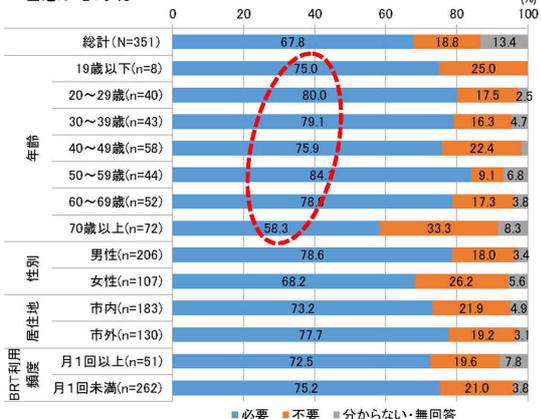
#### 回答者自身にとって

③ひたちBRTの自動運転化はあなたにとって役に立つと思いますか



#### 家族・地域にとって

④ひたちBRTの自動運転化は家族や地域にとって役に立つと思いますか



52

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題 (2)検証結果

#### 8) 現行のBRTの必要性×自動運転化の有用性の意識

- 回答者自身が必要（有用）と回答した層は、大半が家族・地域にも必要（有用）と回答。自身が不要（無用）と回答した層では家族にも無用との回答の方が多。ただし現行のBRTの必要性、自動運転化ともに、自身には不要だが家族・地域にとって必要とする層が約1割程度存在。
- 現行のBRTを必要と回答した層は、大半が自動運転を有用と回答。不要と回答した層では自動運転化を有用と回答したのは約半数。  
 →本人への必要（有用）性の認識が家族・地域への必要（有用）性の認識につながる。  
 →有人BRTの利用促進を図り、同時に自動運転がその持続性確保の方策であることを訴求することが考えられる。

#### 回答者自身にとって×家族・地域にとって

現行のBRT		家族・地域にとって			
		必要		不要	
回答者自身にとって	必要	176	50.1%	17	4.8%
	不要	43	12.3%	53	15.1%
いずれかに「わからない」と回答または無回答		62	17.7%		

#### 現行のBRTの必要性×自動運転化の有用性

回答者自身にとって		自動運転化			
		有用		無用	
現行のBRT	必要	160	45.6%	34	9.7%
	不要	44	12.5%	54	15.4%
いずれかに「わからない」と回答または無回答		59	16.8%		

自動運転化		家族・地域にとって			
		有用		無用	
回答者自身にとって	有用	197	56.1%	10	2.8%
	無用	40	11.4%	56	16.0%
いずれかに「わからない」と回答または無回答		48	13.7%		

家族・地域にとって		自動運転化			
		有用		無用	
現行のBRT	必要	195	55.6%	26	7.4%
	不要	38	10.8%	36	10.3%
いずれかに「わからない」と回答または無回答		56	16.0%		

53

## 4.サービスに関する検証結果について

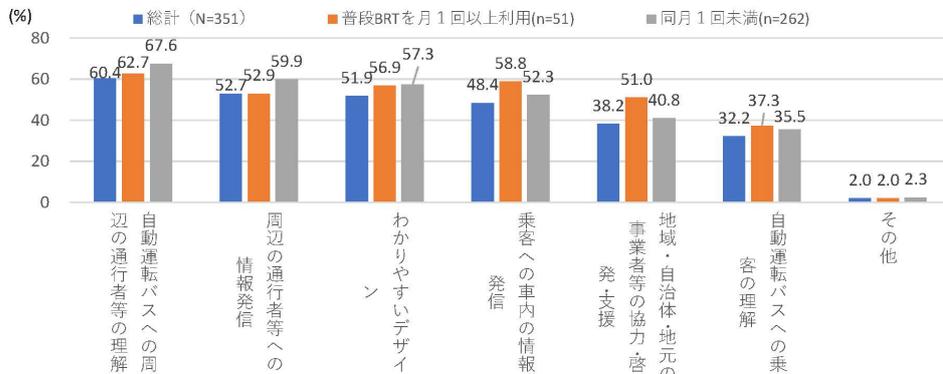
### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題 (2)検証結果

#### 9) 技術開発以外で必要なこと

- 全体では「自動運転バスへの周辺の通行者等の理解」、「周辺の通行者等への情報発信」、「わかりやすいデザイン」等が多く、いずれも過半数が回答。
- 利用頻度別で大きな差異はないが、利用が月1回未満の層は「自動運転バスへの周辺の通行者等の理解」、「周辺の通行者等への情報発信」など、利用が月1回以上の層は「乗客の車内への情報発信」、「地域・自治体・地元の事業者等の協力・啓発・支援」が比較的多い。

#### 技術開発以外で必要なこと

自動運転の技術にはまだ課題がありますが、自動運転バスを安全・有効に走らせるために、さらなる技術開発以外で何が必要だと思いますか



54

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題 (2)検証結果

#### 10)自由回答

- 肯定的意見として「安全・安心」や「快適」に関する意見が比較的多い。
- 否定的意見として「ブレーキのかけ方」「交差点等の安全性」への意見が挙げられた。
- 要望として「車内アナウンス・ディスプレイの改善」、「有人バスとの区別」、「移動時間の短縮」などの要望が寄せられた。

その他、自動運転バスに試乗してお気づきの点や期待、不安など、ご自由にお書きください

肯定的意見 (のべ127)	否定的意見 (のべ189)	要望 (60)
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 技術の進歩を実感・期待 22</li> <li>・ 安全・安心 10</li> <li>・ 安定・快適 9</li> <li>・ 自動運転の必要度が上がる 3</li> <li>・ 専用路なら適用は可能 3</li> <li>・ 経費削減につながる 1</li> <li>・ 悪天候時でも問題ない 1</li> <li>・ 新しい交通機関として受け入れる 1</li> <li>・ 死角が生まれない 1</li> <li>・ 待ち時間がない 1</li> <li>・ その他肯定的意見 14 (肯定の具体内容が不明のもの)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ブレーキのかけ方 26</li> <li>・ 交差点等の安全性 19</li> <li>・ 技術面等まだ課題がある 9</li> <li>・ 事故にならないか心配 7</li> <li>・ 速度がゆっくり過ぎる 6</li> <li>・ 小さい子ども・高齢者の感知 3</li> <li>・ 有人バスと比べて時間がかかる 3</li> <li>・ 専用道への侵入に対する対策 3</li> <li>・ 緊急停車時の対応 3</li> <li>・ 車体の揺れが気になる 2</li> <li>・ バスまでのアクセスが悪い 1</li> <li>・ 海外との技術の差 1</li> <li>・ 短距離での加速 1</li> <li>・ 歩行者への配慮 1</li> <li>・ 周辺を通る車の一時停止 1</li> <li>・ モニターの字が見えづらい 1</li> <li>・ 完全自動運転は不安 1</li> <li>・ その他否定的意見 13 (否定の具体内容が不明のもの)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車内アナウンス・ディスプレイの改善 4</li> <li>・ 有人バスとの区別 2</li> <li>・ 移動時間の短縮を期待 1</li> <li>・ ゲートによる認識 1</li> <li>・ 延伸(日立駅まで) 1</li> <li>・ 延伸(鮎川まで) 1</li> <li>・ 専用道の拡充 1</li> <li>・ 車中に地図上の表記をしてほしい 1</li> <li>・ 将来の一般道での走行 1</li> <li>・ 専用区外のルートの対応 1</li> <li>・ 乗車定員を増やせると良い 1</li> <li>・ その他要望 15 (自動運転以外への要望)</li> </ul>

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.2 体験乗車者のアンケート結果・課題

#### (3)課題

- ・ 体験乗車者の参加者は、バス停までの移動手段が「徒歩」の割合が64.7%と半数以上が沿線住民であった。一方で、普段のBRT利用頻度は「月に1回以内、まったく乗らない」と答えた参加者が74.6%であった
  - ➡日常的なBRT利用者の多くは通勤で利用するため、BRT利用者の声を集めるには、平日の通勤時間帯や土日の試乗を実施することが有効
- ・ 乗車体験については全体で80%以上が肯定的な印象を持った一方で、乗車時間の増加や、加減速時の乗り心地、車内アナウンスの実施に課題があると回答した参加者が多かった
- ・ 技術開発以外に重要なこととして、「周辺の通行者等理解」「周辺の通行者等への情報発信」「わかりやすいデザイン」の回答が過半数を超えた
  - ➡自動運転バス走行に関する周知、車外へのアナウンスや、自動運転バスであることが明確にわかるデザインの導入の検討が課題

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.3 グループインタビュー

#### ■目的

- ・ ひたちでL4自動運転バスが本格的に実装される初期段階での、市民の率直なニーズや協力意向をインタビューで把握する
- ・ 本年度の結果を基礎とし、次年度以降の社会受容性向上の取り組みを通じて住民意識がどのように変化するかを分析

#### (1)検証項目

	設問項目
試乗体験者	①自動運転についてどう感じたか、なぜそう感じたのか ②自動運転走行における各種制約についてどの程度受容できるか、試乗前後でそれは変わったと思うか ③日立市の交通について何が具体的な課題だと思うか ④日立市の交通課題について、自動運転技術はソリューションとなりうると思うか ※自動運転の必要性：自身の将来的な乗車有無とは別に、地域に自動運転バスがあることの是非についても問う ⑤地域の移動課題の解決に向けて自動運転バスを安全かつ有効に走らせるには/現在のひたちBRTで無人走行を社会実装する上では、何が必要だと思うか ⑥その他フリーディスカッション（残時間に応じて）
試乗非体験者	①自動運転についてどう感じるか、なぜそう感じるのか ②自動運転走行における各種制約についてどの程度受容できるか ③日立市の交通について何が具体的な課題だと思うか ④日立市の交通課題について、自動運転技術はソリューションとなりうると思うか ※自動運転の必要性：自身の将来的な乗車有無とは別に、地域に自動運転バスがあることの是非についても問う ⑤地域の移動課題の解決に向けて自動運転バスを安全かつ有効に走らせるには何が必要だと思うか ⑥その他フリーディスカッション（残時間に応じて）

57

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.3 グループインタビュー

#### (2)検証結果

##### 1)実施概要

- グループインタビューは、「体験乗車参加者」「非参加者」を対象に、以下の要領で実施した。
- 「体験乗車参加者」のインタビュー参加者の募集は、体験乗車の募集と同時に行った。「非参加者」の募集はひたちBRTサポーターズクラブより大久保地区・久慈地区の住民の方、茨城キリスト教大学の学生の方にお声がけ頂き、参加者を確保した。

実施日	区分	参加者
2/8	非参加者	①男性・70代、②男性・80代、 ③男性・60～70代、④女性・大学生、 ⑤男性・60～70代
2/10	参加者	①男性・40代前半、②男性・20代、 ③男性・70代、④男性・60代、 ⑤男性・30～40代
2/20	参加者	①男性・30代前、②男性・高校生、 ③男性・高校生、④男性・60代後半
2/21	参加者	①男性・大学生、②女性・大学生、 ③男性、④女性・60代、⑤男性・社会人
2/28	非参加者	①女性・主婦、②女性・主婦、 ③男性・80代、④男性・76歳



58

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.3 グループインタビュー

#### (2)検証結果

##### 2) 普段の移動・BRT（有人）の利用状況

- 自動車社会であり、体験乗車の参加者であっても普段BRTに乗車しない人は多い。
- 全参加者が交通渋滞を日立市の課題と認識しており、BRT利用している人は定時性を評価。

区分	主な意見
参加者	<p>【BRTは利用していない】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 電車は使うがバスはほとんど乗らない。</li> <li>● 大学までは自転車。たまに遠くに行くときは親の車を借りて。</li> <li>● 職場までは車。基本車でバス・電車はあまり使わない。</li> <li>● 周囲には、バスの停留所にたどり着くのすら厳しい高齢者も。</li> <li>● 年齢になると病院通いも多くなるだろうが、現状母親を病院に送迎するには車になる。</li> </ul> <p>【BRTは利用している・している人の話を聞く】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 子どもと利用、将来的には学校を選択する子どもがでBRTで通えるところにする。</li> <li>● 沿線に住んでおり大塚から多賀駅まで通学で開通してからずっと使っていた。</li> <li>● 家内は時々利用。以前の通勤のバスに比べて正確に来るので使い甲斐があると云っている。</li> </ul>
非参加者	<p>【BRTは利用していない】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● BRTは良いとは思いますが、乗ったことがない。沿線に行く場所がないのが一番の理由。免許返納した際には利用も検討。</li> <li>● 子どもとプールにBRTで行こうと思ったが、荷物が多くて車で行った。乗車経験がなかったので時間等がわからないことも理由。</li> <li>● 友人でも使っている人の話は聞いたことがない。</li> </ul> <p>【BRTは利用している・している人の話を聞く】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● BRTは日常必要。BRTが運行するという段階で免許は返した。</li> <li>● 近くは車で行って、遠くは公共交通。BRTがあればBRT、電車があれば電車。</li> <li>● 知り合いに通勤で使っている人がおり、定刻に来るし便利だと云っていた。</li> </ul>

59

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.3 グループインタビュー

#### (2)検証結果

##### 3) 体験を通じた、ひたち自動運転BRTへの評価

- 思ったより速い・スムーズという肯定的な意見、課題はあるが許容範囲であるという意見がある一方、課題として特に加減速がスムーズでない箇所があったことを挙げる意見が聞かれた。

区分	主な意見
参加者	<p>【好感】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 速度は40km/hは超えていたと思う。違和感は無かった。</li> <li>● 自動運転システムは、乗り合いバスができた時に初めて運転した運転手と同じと思うので、これからの成熟に期待。</li> <li>● 有人と比べてそれいほど違いを感じなかった。</li> <li>● ボンチョの時に乗ったが、今回普通に走っている分には変速も減速もスムーズで進歩を実感。</li> <li>● 有人の所要時間と自動運転の所要時間の違いは全区間で6分程度らしい。6分なら迷惑にはならないのでは。</li> <li>● 制御にAIが入ってくればよくなると思う。基本的に実証実験で1週間2週間走ってもデータとしては取れないので、1年2年の単位でどんどん走らせていかないと良くならない。</li> <li>● 今の水準だとBRTの専用空間が確保されているところだと使えるのかなと思った。</li> <li>● できる範囲でやっていくしかない。体験して繰り返し理解してもらって…ということが必要。</li> </ul> <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 交差点に差し掛かると結構急に止まったり、急に発進したりする。そこが課題だと思った。</li> <li>● 不意に止まるときはやっぱりガクンガクンとなったのでそこは改良が必要なのかなと。</li> <li>● 坂が結構、難所があった。冬になったらどうなるのか。雪が降った時が心配。</li> <li>● BRT専用と言いつつ、交差点があるので止まり過ぎかなと。</li> <li>● 人を感知するスピードが鈍い感じを受けた。</li> <li>● 今日親子連れがいて、親が身体から離さなかったが、離して座らせたらどうか。子どもの年齢によっても注意点が変わる。</li> <li>● 今日間違えて有人バスに乗ってしまった、デザインが決まって統一されると見る人も乗る人も全員分かる。</li> <li>● 大塚のあたりで二重線の大通りで交差するところで、青信号でもいけないとかあったし、小型車が信号のないところで行こうとして運転手が急遽ブレーキ踏んで対応していたのが危ないと思った。</li> </ul>

60

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.3 グループインタビュー

#### (2)検証結果

##### 4)自動運転への評価

- 自動運転の安全性への期待は参加者・非参加者の双方から聞かれた。
- 参加者からは本数の増加など併せて実施すべき施策の意見、非参加者からは安全性が確保されるまで乗りたくないと言う慎重な意見が聞かれた。

区分	主な意見
参加者	<p>【期待-本数の増加・早期深夜の増便を期待】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 公共バスも運転手不足。自動運転によって本数が増えたと良い。</li> <li>・ 深夜・早期労働の部分を自動運転がカバーすることによって事業者もバスを出しやすく本数を設定してくれるのでは。</li> <li>・ 飲みに行くと帰りバスがなくて歩いて帰る人が多い。無人にできるなら夜遅い時間にも走ってあげれば便利。</li> </ul> <p>【期待-運賃の安定を期待】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 将来的に人件費の高騰などの影響を受けず運賃が上がるリスクを抑えられる。</li> </ul> <p>【期待-その他】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 運転手とのやり取りが苦手という人が居る。人対人が苦手な方は乗りやすくなる。</li> <li>・ 日立では今まで機械産業が発達してきた。自動運転を契機に情報技術産業を誘致できれば活性化する。</li> </ul> <p>【期待しない-優先すること・併せて実施すべきこと】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ たとえ便利で有能だとしても、本数増やすとか範囲広げるとかしないと使わない人が確実にいる。</li> <li>・ 周りの高齢者に足が悪くてバス停にもたどり着けない方がおり、高齢者を自動運転が救うとは正直思えない。</li> </ul>
非参加者	<p>【期待-自動運転の方が安全】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 感覚としては人間の運転の方が安心するが、実際には自動の方が安全なのだろう。</li> <li>・ 最近年配者の事故が多いのでやっぱり自動の方が安全なのだろう。精度も年々良くなっていくだろう。</li> </ul> <p>【期待-BRTの良さ・公共交通の良さ】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 以前の自動運転の実証実験に比べると、BRTは他の車が入ってこないのは良い。</li> <li>・ BRTは通勤の人からすると一番喜ばれる。時間が正確なので。それが自動になったら良い。</li> <li>・ 以前電鉄線があったという経緯もあるので、公共交通があるのがうれしい。</li> </ul> <p>【期待-時代の流れ】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 時代の流れということで自動運転に抵抗はない。</li> </ul> <p>【期待しない-安全が確保されるまで】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 乗らないと分からないと思うが、安全が確保されるまでは乗らない。</li> <li>・ 実績で実績を積み重ねながら路線を増やして欲しい。実績積まないと終わっちゃう。</li> </ul>

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.3 グループインタビュー

#### (2)検証結果

##### 5)より利用するための要改善点・アイデア ①車両・サービス

- 安全対策や情報提供に関連する様々なアイデアが出された。
- 旧日立電鉄の線路に沿った延伸のアイデアも出された。ただしBRTは混在交通区間の走行と異なり延伸は本来難しい。住民説明に際しBRTのメリット・デメリットの発信も重要。

区分	主な意見
参加者	<p>【安全対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 若い女性からすると無人は怖い。ボランティア等が車内に居て話しかけてくれたらなごむ。免許が不要という面で人件費も抑えられる。</li> <li>・ ブースが仕切られていて一人だけ、みたいな席が欲しい。多少高めでもそういう需要はあると思う。</li> </ul> <p>【利便性向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ バスの後ろに自転車を積み、降りたいところで降りて自転車で走れるようにする。</li> <li>・ キャリケースを積みやすいようにするか、固定しやすいようにする仕組みを考える。</li> </ul> <p>【車両デザイン】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外装を一目でわかりやすいものに。</li> <li>・ 猫バスにすると全然違う感じにすると割り込まれることもない。ロボットが運転している体に。</li> <li>・ 子どもの描いた絵を中に貼って走らせるとか、このバスは〇〇幼稚園の展示をしています、といった表示をするのも良い。</li> <li>・ 将来的に運転席なくなれば、前後が対称の車両が作れる。終点で車体回す必要もなくなる。</li> </ul> <p>【走行中の周囲・車内へのアナウンスなど】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 商用車のように、曲がる時に「曲がります」と音声で周囲にアナウンスする。</li> <li>・ ナビゲーションで、周囲の車両に「自動運転エリアに入りました」と知らせる。</li> <li>・ メロディーを流す。バスでメロディー流して子どもたちが家から出てきて乗るとか。</li> <li>・ 子どもが喜ぶ情報を。新幹線でも以前は時速〇〇kmとか出していた。</li> <li>・ モニターの情報が複雑。日立市だからこそ関心の高い人は多いのでわかりやすく。</li> </ul> <p>【走行中のエンターテインメント】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ バスの中での観光案内。バスの中から海が見えない。バスの上空50mからの景観をモニターにドローン撮影で映す。</li> </ul> <p>【リアフリー】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 愛される、乗ってみたいと思わせる仕掛けが必要。お年寄りから赤ちゃんまで優しいバスですよ、みたいなイメージが重要。</li> <li>・ 自動運転でも人に優しい自動運転を心がける必要がある。</li> </ul> <p>【延伸】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ BRTが日立駅まで続いたら便利。日立には高校も多くあり、電車も混んでいる。</li> </ul>

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.3 グループインタビュー

#### (2)検証結果

##### 5)より利用するための要改善点・アイデア ①車両・サービス (続き)

区分	主な意見
非参加者	<p>【延伸】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>料金は高い。ただし日立まで行けるようになれば、BRTの場合は混み合わないというメリットが強みになるのではないか。</li> <li>ドライバーの確保も大変だと聞くので、道路さえ確保できれば延伸できると良い。</li> </ul> <p>【安全対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>何かのときのために誰かが車内にいることは必要かと思う。地震とか大雨とか台風とか。誰か一人は乗っていた方が安心。</li> <li>不審者は怖い。カメラが付いていても、何かあったときにパンチが出るわけではない。</li> </ul>

63

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.3 グループインタビュー

#### (2)検証結果

##### 6)より利用するための要改善点・アイデア ②機運醸成・利用促進策

- 自動運転の機運醸成に関し、市民への周知や体験機会など様々なアイデアが出された。
- 旧日立電鉄の廃線を経験し、BRTを「失いたくない」という意識を持つ住民もいるとのことで、BRTの浸透を一層図るとともに、BRTの維持の方策としての自動運転化の価値を訴求することが考えられる(アンケートの結果(P13)とも整合)。

区分	主な意見
参加者	<p>【地元ドライバーへの周知】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>自動運転が走ることを地元のドライバーさんと共有するキャンペーンは必要。</li> <li>信号の改善も必要。バスがいて出たがっているということを明確に知らせられた方が良い。</li> </ul> <p>【利用者への周知】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>子どもがいる家庭はラインで子育て情報が発信されるので登録される方がいる。市民にフォローしてもらったらよい。</li> <li>日立では以前から、バスの乗り方教室とかで小学校にバスが来る、身近に感じてもらうイベントをやっていた。</li> <li>日立製作所に行く人にはタクシー使う人も多いはず。工場でバス使ってもらうようにお願いし、ビジネス用回数券を配布する。</li> </ul> <p>【体験機会の提供】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>私自身はSNSで見ても何も思わない、実際乗ってみてもらう機会を設けるべき。</li> <li>希望者を募る回覧板に回してお誘いをする。学校を通じて親子で乗ってみませんか、とか。親子で乗る機会が重要。</li> <li>市内・県内の人に向けて、バスに何回乗ったらプレゼントを進呈するとか。</li> </ul> <p>【パッケージ】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>おさかなセンターへの往復の乗車券と、飲食店でのお昼ごはんの割引をセットで販売する。</li> <li>BRT乗りながらのスタンプラリー。今はGPS付きのスタンプラリーアプリがある。</li> </ul> <p>【モード間の接続の連携】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>BRTの定時制っていうのは価値がある。ただ鉄道との接続がBRTは本当ダメ。</li> </ul> <p>【イメージ】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>バスの延長上ではない、新しい時代の乗り物というイメージ付与が必要。</li> <li>安全が優先。多少遅くても少し待たされても、自動運転はこういうもので遅くてもしょうがないと思わせていく。</li> </ul> <p>【意識の醸成】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>自分が参加しているという意識も必要。コミュニティをもうちょっと作った方が良い気がする。</li> </ul> <p>【サポーター】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>大学生が多いので、大学生にバスサポーターを任命すると楽しい。</li> </ul>

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.3 グループインタビュー

#### (2)検証結果

6)より利用するための要改善点・アイデア ②機運醸成・利用促進策（続き）

区分	主な意見
非参加者	<p>【パッケージ化】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>おさかなセンターに車で来ている人は数多くいる。赤羽緑地の水芭蕉をPRした方が良い。菜の花畑が河川敷の方にあるがそのPRもない。</li> <li>PRは市報だけではきつと足りないと思う。見ない人もいるので、交流センターとか駅とかで掲示することが重要。</li> <li>今度さくらまつりをやるという情報も聞いているがPRがない。多分あれを見たら日立って言ったら桜っていうのは頭に残るはず。</li> </ul> <p>【意識の醸成】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>日立電鉄がなくなって悲しい、だから今度はなくさないようにしていこうという意識が大事。</li> </ul>

#### (3)課題

- 実験参加者からは、課題として、加減速がスムーズでない箇所があったことを挙げる意見が聞かれた  
**→車両制御の円滑化、一時停止等の際の車内アナウンスの検討が課題**
- 実験非参加者からは安全性が確保されるまで乗りたくないという慎重な意見が聞かれた
- 旧日立電鉄の廃線を経験し、BRTを「失いたくない」という意識を持つ住民も多い  
**→地域住民への理解促進の取り組みが必要。BRTの浸透を一層図るとともに、BRTの維持の方策としての自動運転化の価値を訴求することが必要**

65

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.4 VRを用いた自動運転実装時のサービス体験

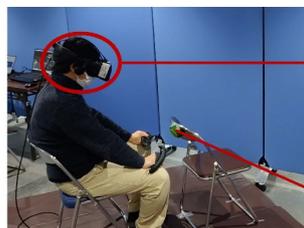
VR: Virtual Reality 仮想空間

#### ■背景

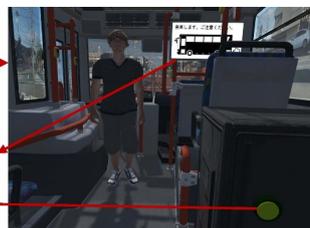
- 自動運転バスの無人運行を見据えて、乗客は走行中に無人の車両に対する安心感、信頼感、および受容性が低下する可能性がある。
- 特に異常時には、乗客と遠隔監視者との円滑なコミュニケーションも重要な要因となるが、様々な状況を実車で検証するのは難しい。

#### ■目的

ひたちBRT「水木」～「大沼小学校東」停留所の自動走行を仮想現実（Virtual Reality: VR）空間にて再現し、車内無人を想定した乗客向けの情報表示の必要性や車内に異常イベント発生時の遠隔対応を検討する



実験風景：日立市JR大甕駅東口待合室



体験者が見ている風景



66

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.4 VRを用いた自動運転実装時のサービス体験

#### (1) 検証項目

##### ■ 内容

モニターが自動運転バス実車の通常走行を体験した後に、VR環境にて異常イベント発生時の対応を体験  
乗客向けの情報提示と遠隔の対応を評価してもらう



- 要因：①車内HMIの内容（遠隔監視者の顔出し・なし）  
②走行シナリオ（通常走行・異常イベント発生）

- 参加者：11名（顔出し6名、顔なし5名）

- 従属変数：アンケート（必要性、受容性、信頼感）

##### ■ 実施状況

【参加者募集】ひたちBRT自動運転実証実験 予約サイトより募集

→ 20名の予約があったが、キャンセルや関係者の枠で11名の一般参加の方が参加

【実施期間】2023年2月13日～2月17日

【実験時間】期間内に実施される自動運転バス体験乗車後の30分程度

【実施場所】大鷲駅東口待合室



67

## 4.サービスに関する検証結果について

### 4.4 VRを用いた自動運転実装時のサービス体験

#### (2) 検証結果

##### ■ わかったこと\*

\*産総研所内のウェブ調査や実験室実験と概ね同様の結果

##### ◆ 情報提示の必要性

- ・ 必要性が高い項目：「急ブレーキ」、「次の停留所名」のアナウンス
- ・ 必要性が中程度の項目：「左折・右折」、「乗客の乗り降り」のアナウンス
- ・ 必要性が低い項目：「遠隔監視者の挨拶」、「遠隔監視者の顔をモニターに映す」

##### ◆ 自動運転バスへの受容性

- ・ 実車の自動走行へも、VRの異常体験へも、受容性は中程度だった
- ・ 遠隔監視者の顔出しによる影響は見られなかった

##### ◆ 自動運転バスへの信頼感

- ・ 実車の自動走行へも、VRの異常体験へも、信頼感の中程度だった
- ・ 遠隔監視者の顔出しによる影響は見られなかった

#### (3) 課題

- ◆ 車内乗客向けの情報提示については、通信コストやサービス性を考慮し、事業者と連携した更なる検討が必要
- ◆ レベル4の実装時（車内有人・無人）における、車内の乗客安全への方策においては、様々なパターンでの評価が必要

68

## 4. サービスに関する検証結果について

### 4.5安全走行・運行の合意形成の促進に資する仮想環境検証結果・課題

自動運転移動サービス開発のポイントは「事業性と安全性の両立」

- ✓自動運転移動サービス車両には**実用的な技術を活用**（性能は限定的）
- ✓限定空間を走行、**走行環境やルール等を整備し自動運転の弱点を補完**
- ✓利用者や周辺住民の理解と信頼を得て、**合理的な走行方法の具体化が重要**

簡易な仮想環境(VR)の導入  
•ビジュアルでわかりやすい  
•必要最低限の機能に特化した  
安価で使い易い仮想環境

開発者側と利用者側の合意形成が必要  
✓実車&実路では **再現できるシーンは限定的**  
✓書面では **正確に理解することが難しい**

#### (1) 検証項目

- **歩行者、周辺車両、自動運転バスの視点から歩行者横や交差点通過シーンを体験**してもらう  
→ ツールの効果確認、改善点を探る
- **走行方法の安全性やスムーズさについて、感想やご意見を伺う**  
→ 自動運転の社会受容性向上につなげる

#### A) 液晶ディスプレイ



#### B) ヘッドマウントディスプレイ



## 4. サービスに関する検証結果について

### 4.5安全走行・運行の合意形成の促進に資する仮想環境検証結果・課題

#### (2) 検証結果

- 参加者は **総勢 11名**、内訳は 20代~50代、男性9名+女性2名
- 感想やご意見など、**35件のコメント**を頂き、  
**すべて好意的な内容であった**（1件、シミュレーション酔いへの配慮要望を含む）

#### ✓ VR再現シーンや機能に関するご要望

歩行者の対象に子供や高齢者を含めて欲しい、自動運転バスの機能を分かりやすく説明して欲しい、危険シーン、自動運転と手動運転の違いや交通量や天候/明るさなどで違いが異なるシーン、自動運転が苦手なシーン、ブレーキ感覚がわかる機能などの追加

#### ✓ VR用途の提案 ドライバ教育などにも使ったらどうか

#### ✓ 感想など 自動運転の振る舞いがよくわかる、バスに乗っていない人に説明するのにもよい

#### (3) 課題

- **有効なシーンの作成方法の検討、事例のN増し、機能の改善**（使い易さ・見易さ等）
- 広く使って頂くための、**実用化プロセスやビジネスモデル**などの具体化検討
- ひたちBRTレベル4の、**緑ナンバー取得プロセスにおける実用性検証**  
（許認可申請資料の中に織り込み、安全走行の説明材料として活用する方法を検討）

## 第3章 走行環境、運行条件の整理、評価条件の整理・評価

### 3.1. ひたち BRT を題材とした安全走行設計手法の検討

現在各地で行われている自動運転移動サービスの実証実験では、地域やコース特有の条件に合わせた車両が開発されてきた。そのため効率が悪く各地への普及が進んでいない現状がある、今後、自動運転移動サービス普及の為には、安全性を確保しつつ汎用性のある車両を開発することが必要である。

よって、2022年度は、ひたち BRT 専用区間でのレベル3以上の ODD 設定、テストコースでの事前検証、現地実証実験での検証等を実施し、他地域への展開をも想定した汎用性あるベース車両を確立する取組みを行った。

#### 3.1.1. 無人自動運転移動サービスを想定した ODD/ユースケースの設定方法やその類型化：高度化の視点での検討

自動運転移動サービスの普及に向けては、安全性と事業性の両立がポイントとして挙げられる。安全性を確保しつつ汎用性のある車両の開発に寄与することを目的に、ひたち BRT を題材として安全走行設計の内容を分かりやすく記述する方策を検討した。その結果を、車両開発者が作成する「安全走行設計シート」の雛形としてまとめている。本節では、自動運転移動サービスの全体システム設計、車両及び自動走行システムの仕様・性能の定義、ODD/ユースケースの設定、基本的な走行方法の記載例を説明する。

なお、安全方策の設定とアセスメントに関しては、3.3 節に記載される。

##### (1) 自動運転移動サービスの全体システム設計

自動運転移動サービスの開発においては、まず、地域の移動の需要や課題を把握し、ソリューションとしてのサービスを定義した後に、続いて、安全性と事業性を両立して当該サービスを実現するシステムの全体設計を実施する。ここで、自動運転移動サービスでは、車両には実用的な技術が活用（性能は限定的）される一方で、限定空間を走行することから、走行環境やルール等を整備して自動運転の弱点を補完し合理的な安全走行を実現することに留意が必要である。よって、車両のみならず、道路インフラ、遠隔監視など複数要素から成る全体システム、およびそのサブシステム構成と機能分担等の検討が求められる。

全体システムの効率的な検討に資する為に、ひたち BRT を題材とした検討例（安全走行シート記載例）を以下に記す。

-----

自動運転移動サービスは、サービス対象地域のインフラ（道路設備等）の上を、自動

運転レベル4の自動運転バス車両が遠隔センターと連携しながら自律走行することで実現される。地域社会の住民の受容を得て、運行事業者がバスを運行し、乗客に安全で便利なサービスを提供する。

自動運転移動サービスを実現する全体システムは、次のサブシステムなどから構成される。

- ・ 自動走行システム
- ・ 車内安全システム
- ・ 遠隔監視・支援システム
- ・ インフラ（地中に埋設した電磁誘導線、磁気マーカ、白線、信号機、踏切等）
- ・ 運用・保守システム
- ・ インフラ協調システム（ブラインドモニタ、信号連携等）
- ・ 車車間協調システム

自動運転を機能させるために密接に繋がっているサブシステムを含むシステム全体が安全設計に必要な対象である。自動運転システムのサブシステム構成を図3-1に、各サブシステムの機能概要を表3-1 自動運転システムのサブシステム構成とその機能に記載する。

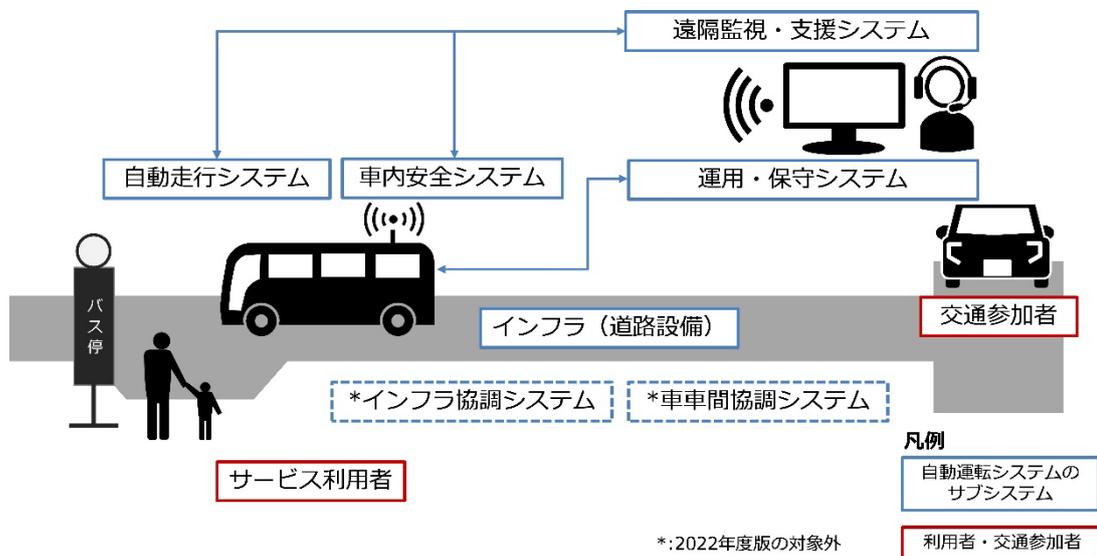


図 3-1 自動運転システムのサブシステム構成

表 3-1 自動運転システムのサブシステム構成とその機能

(表内\*は 2022 年度版の対象外)

サブシステム	機能要素	機能概要
自動走行システム	走行系	「走る・曲がる・止まる」を実現する機能
	認識系	周辺環境の認識、自己位置の推定をする機能
	制御系	認識系の情報を基に走行系を操って走行制御する機能
車内安全システム	HMI系	乗客・乗務員向けのヒューマンマシンインタフェース機能
	監視・記録系	車内状況の監視、走行の記録などの機能
遠隔監視・支援システム	監視系	車両の走行状況や車内状況を監視する機能
	支援系	運行サービス・車内安全に関して遠隔対応する機能
インフラ	道路設備	磁気マーカ、バーゲート、信号、ガードレール、など
運用・保守システム	点検系	始業点検、定期点検など
	緊急時対応系	現場駆け付け対応、保安要員の配置など
*インフラ協調システム	路車協調系	ブラインドモニタ、信号連携等を実現するインフラセンサ・通信設備など
*車車間協調システム	車車間協調系	車車間通信設備など

(2) 車両及び自動走行システムの仕様・性能と ODD の定義、コース上のリスクの抽出

無人自動運転サービス（レベル 4）の安全走行の設計においては、車両に搭載される自動運行システムの性能から ODD（自動走行を可能とするための各種環境条件やインフラ含む）を定義し、さらに、ODD 内であっても、安全に走行するための走行方法（個々の危険箇所を安全に走行する具体的な走行方法・ロジック）を検討して、安全走行の計画を決定していくことが必要である。

ひたち BRT を題材とした記載例を以下に記す。

1) 車両及び自動走行システムの仕様・性能

車両の仕様に関しては、ベース車両から踏襲する事項、自動運転車両として追加した事項、また、仕様一覧（段階的に機能・性能を向上させる場合にはその旨）を記すことが望ましい。

-----

- ・ベース車両からの踏襲事項として、以下の事項がある。具体例を図 3-2 に示す。

ベース車両名：

主要車両寸法：

定員：〇〇名（うち着席〇〇名）

最小回転半径： など

(1) ベース車両からの踏襲事項

・ベース車両：いすゞエルガミオ

・主要車両寸法：

＜自動運転車両＞全幅のみベース車両から異なる

車両全長：8990mm 全幅：2480mm 全高：3045mm

＜ベース車両＞

車両全長：8990mm 全幅：2300mm 全高：3045mm

ホイールベース：4400mm

最低地上高：125mm

・最小回転半径：7.6m

・定員：56名（うち着席28名）



ベース車両

図 3-2 ベース車両からの踏襲事項（例）

・自動運転車両での追加事項として、以下の事項がある。具体例を図 3-3 に示す。

搭載センサ等：

LiDAR ○台（前方○台、側方○台、後方○台）

単眼カメラ ○台（遠方用、近傍用）

ステレオカメラ ○台

ミリ波レーダ ○台（前方○台、側方○台、後方○台）

磁気マーカ用センサ ○台

ジャイロセンサ ○台

GPS 受信装置 ○台

主要制御性能

制動制御：最大減速度（通常時：○○G、緊急時：○○G）

加速性能：最大加速度 ○○○

(2) 自動運転車両での追加事項

・主要車両寸法：

<自動運転車両> 車両全長：8990mm 全幅：2480mm 全高：3045mm

・搭載センサ等：

- LiDAR 4台（前方1台、側方2台、後方1台）
- 単眼カメラ 2台（遠方用\*、近傍用\* 遠方用は信号認識も行う）
- ステレオカメラ 1台
- ミリ波レーダ 5台（前方1台、側方2台、後側方2台）
- 磁気マーカ用センサ 2台
- ジャイロセンサ 1台
- GPS受信装置 1台



自動運転車両

・主要制御性能

- ・制動制御：最大減速度（通常時：0.15G、緊急時：0.2G）
- ・加速性能：最大加速度 0.08G

図 3-3 自動運転車両での追加事項（例）

- ・自動走行システムの仕様諸元として、次の事項がある。具体例を図 3-4 に示す。

自動運転レベル：レベル〇

走行・制御系の仕様：アクセル、ブレーキ、ステアリング、駐車ブレーキ、制御装置

認識系の仕様：各センサの仕様・台数、障害物の認識性能（前方、側方、後方）

自己位置推定系の仕様：方法・性能

保守・監視系の仕様：自動運行記録装置、車内監視カメラ・マイク等

(3) 2020/2023/2025年度の自動運転仕様一覧

仕様	2020年度	2023年度	2025年度	
自動運転レベル	2	3以上	4	
走行系 制御系	アクセル	1重系	1重系	1重系
	ブレーキ	1重系	2重系（予定）	2重系
	ステアリング	2重系	2重系	2重系
	Pブレーキ	手動	手動	手動
	車両制御装置	AutoBOX	ECU 2重系（予定）	ECU 2重系
認識系	LiDAR	4台（前1、横2、後1）	4台（前1、横2、後1）	5台（前2、横2、後1）
	カメラ	3台（前3）	5台（前3、横2）	5台（前3、横2）
	ミリ波レーダ	5台（前1、横2、後2）	5台（前1、横2、後2）	5台（前1、横2、後2）
	センサ処理装置	1重系	1重系	1重系
	障害物認識前方	車：100m、人50m、小型：×	車：150m、人：90m、小型：20m	車：150m、人：90m、小型：30m
障害物認識横位置	走行経路内のみ	走行経路+横2m	走行経路+横2m	
障害物認識横方向	車：50m、人30m、小型：×	車：90m、人50m、小型：20m	車：90m、人50m、小型：20m	
自己位置推定	GPS、一部磁気マーカ	GPS、磁気マーカ	GPS、全線磁気マーカ	
その他	自動運行記録装置	なし	あり	あり
	M R M	なし	あり（TORなし）	あり（TORなし）

(MRM: Minimal Risk Maneuver, TOR: Take-Over Request)

図 3-4 仕様諸元（例）

2) ODD の定義

車両に搭載される自動運行システムの性能から ODD（自動走行を可能とするための各種環境条件やインフラ含む）を定義する。ODD に関しては、道路条件・地理条件、環境条件、走行条件、その他条件を記すことが望ましい。

ODD の記載として以下の事項がある。具体例を表 3-2 に示す。

- ・道路条件・地理条件
  - 対象道路、走行経路、走行区域
- ・環境条件
  - 時刻的制約：照度〇〇lx 以上の時刻
  - 天候による制約：降雨、降雪、霧、風
  - 路面：積雪・凍結・陥没
- ・走行条件
  - 走行速度：最高速度、加減速度、サービス特有（停留所への進入速度など）
  - 安全対策：車両や人に対する停止・減速、障害物に対する停止・減速、ODD 逸脱時やシステム異常時の安全な停止、など
- ・その他条件
  - 遠隔対応：遠隔監視者の操作による停止
  - 保安対応：事故や災害等、非常時の対応体制の確保

表 3-2 ODD の定義（例）

条件種別	分類	内容
道路条件・地理条件	対象道路	ひたちBRT（おさかなセンター～大甕駅西口～多賀駅）の専用道区間
	走行経路	「南部図書館～河原子（BRT）」の間の上下線の経路
	走行区域	専用道区間には一般道との交差部あり
環境条件	時間的制約	照度 700ルクス以上の時間に限定
	天候による制約	降雨 雨量50mm/h以下 降雪 降雪がないこと 霧 視程80m以上 風 最大風速(10分間平均)17m/s以下(台風の定義)
	路面	積雪・凍結・陥没につき、運行前の事前チェックで手動運転バスが運休していないこと
走行条件	走行速度	走行速度40km/h以下 減速度 0.15G以内 停留所への進入速度 10km/h以下
	安全対策	車両や人に対して、停止または減速ができること 障害物に対して、停止ができること ODD逸脱時やシステム異常時に、安全に停止ができること
その他の条件	遠隔、保安	遠隔監視者の操作による停止ができること 事故や災害等、非常時の対応体制を確保すること

### 3) 走行コースの分類とリスクの抽出

自動運転移動サービスの対象区間の走行環境を分析して、安全走行設計の単位とする

走行コースの分類と各々で留意すべきリスクを抽出する。走行コースの分類に関しては、分類の観点の定義、分類の実施結果、コース全区間における各分類の分布、各分類で考慮すべきリスクを記載することが望ましい。

-----

- ・分類対象である走行コースの説明として次の事項が挙げられる。具体例を図 3-5 に示す。

対象区間：地点 A～地点 B 間、  
 道路種別：専用道 or 一般道、  
 距離：○km

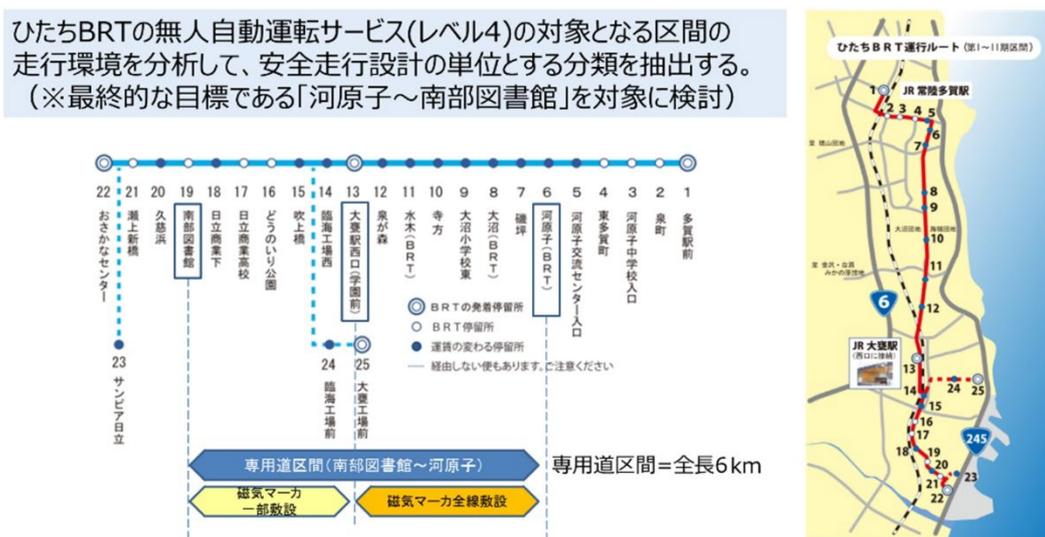


図 3-5 分類対象の走行コースの説明(例)

- ・分類の観点の定義と分類結果として次の事項がある。具体例を図 3-6 に示す。

分類の観点

例：走路の専用度合い：一般車両や歩行者等の交通外乱の有無

バス動作の観点：乗客の乗り降り、マニュアル運転から自動運転への切替

交通参加者の関与の度合い(可能性)：歩行者飛び出しの起こりやすさ等

分類結果

例：分類 1～13

- ひたちBRTの全コースに対して、基本的な安全走行の方法を13種に分類する
- 走行路の特徴を表す細部の要素のうち、安全走行に関係する要素に絞って分類化を検討
  - 主に以下の3点を考慮し分類した。
    - ・走路の専用度合い：一般車両や歩行者等の交通外乱の有無
    - ・バス動作の観点：乗客の乗り降り、マニュアル運転から自動運転への切替
    - ・交通参加者の関与の度合い(可能性)：歩行者飛び出しの起こりやすさ等

類型 No	分類の観点			対象区間の例
	走路の専用度合い	バス動作の観点	交通参加者の関与の可能性度合い	
1	専用道	専用区間端点		河原子入口、大甕駅ロータリ(河原子側)
2		停留所・停留所付近	歩道無し	寺方
3			歩道有り(ガードレール無し)	河原子
4			歩道有り(ガードレール有り)	大沼
5		停留所以外	緑の横断帯	日立商業高校
6			歩道無し	水木-寺方間の一部区間
7			歩道有り(ガードレール無し)	河原子-磯坪間
8			歩道有り(ガードレール有り)	泉が森-大甕駅間
9			緑の横断帯	大甕駅→多賀駅の大甕駅の先
10			見通しが悪い道路(急なカーブ)	泉が森-大甕駅の鉄道上の橋
11			見通しが悪い道路(大きな起伏)	No10鉄道上の橋から泉が森側
12	一般道との交差点	信号有り		日立商業下交差点、水木交差点の2か所
13		信号無し		磯坪交差点

図 3-6 分類観点と分類結果(例)

・各分類の特徴や留意点を視覚的に理解する為の事項として、以下がある。具体例を図3-7に示す。



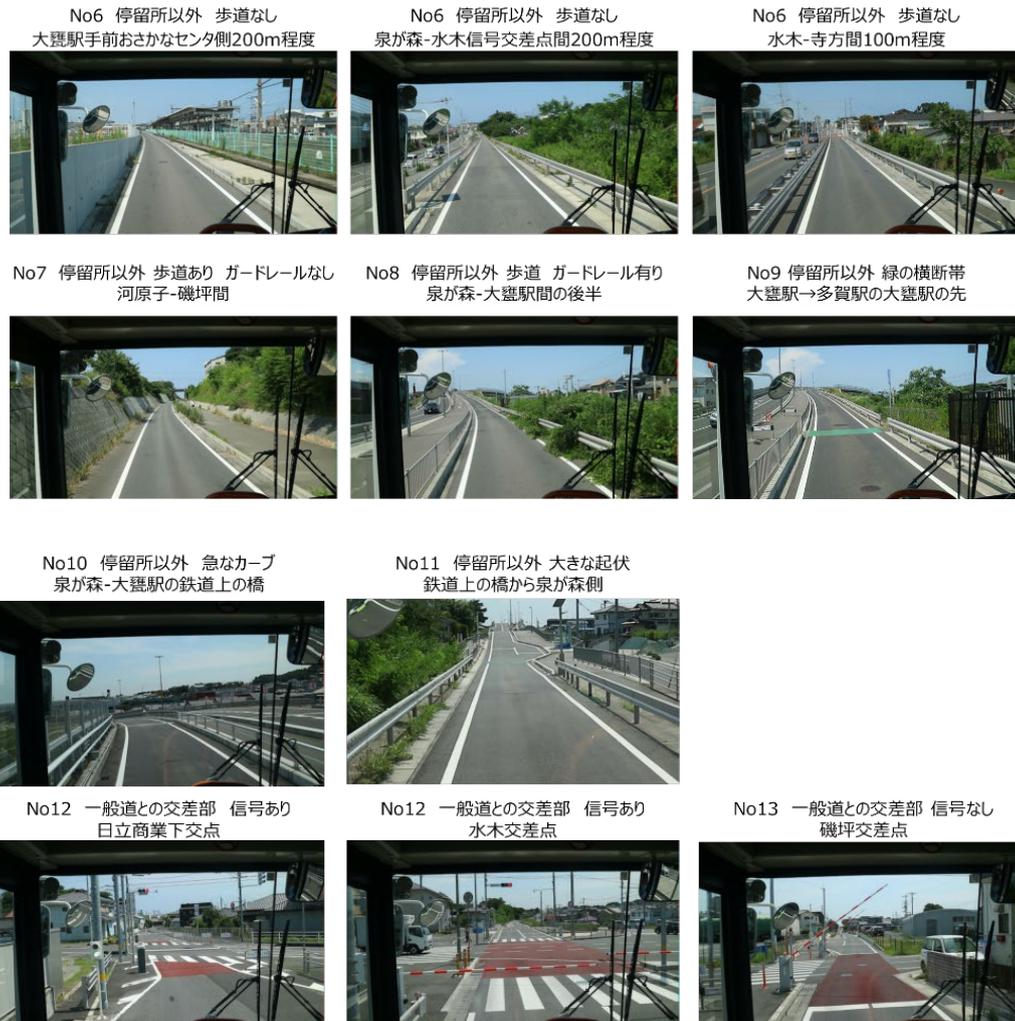


図 3-7 各分類の特徴や留意点を視覚的に理解する為の風景図（例）

・コース全区間における各分類の分布を視覚的に理解する為の事項として、以下がある。  
具体例を図 3-8 に示す。

先に定義した13分類が、ひたちBRT走行コース上でどのように分布しているかを分かりやすく示すために略図化を検討した。略図化した結果を続く2ページに記す。

ただし、停留所に関しては「河原子→大甕駅(南部図書館)」、「大甕駅(南部図書館)→河原子」の進行方向によって、分類結果が異なる場合があり、本図では、**進行方向「河原子→大甕駅(南部図書館)」**における右側、左側に分類を記載する。

また、分類に影響を与える因子ではないものの、対象区間の全貌把握の観点から、図には、自動走行装置の周辺認識の性能、自己位置推定の精度、及び制御の内容に影響を与える可能性がある設備(自転車置き場、アンダーパス、退避場)も記載した。

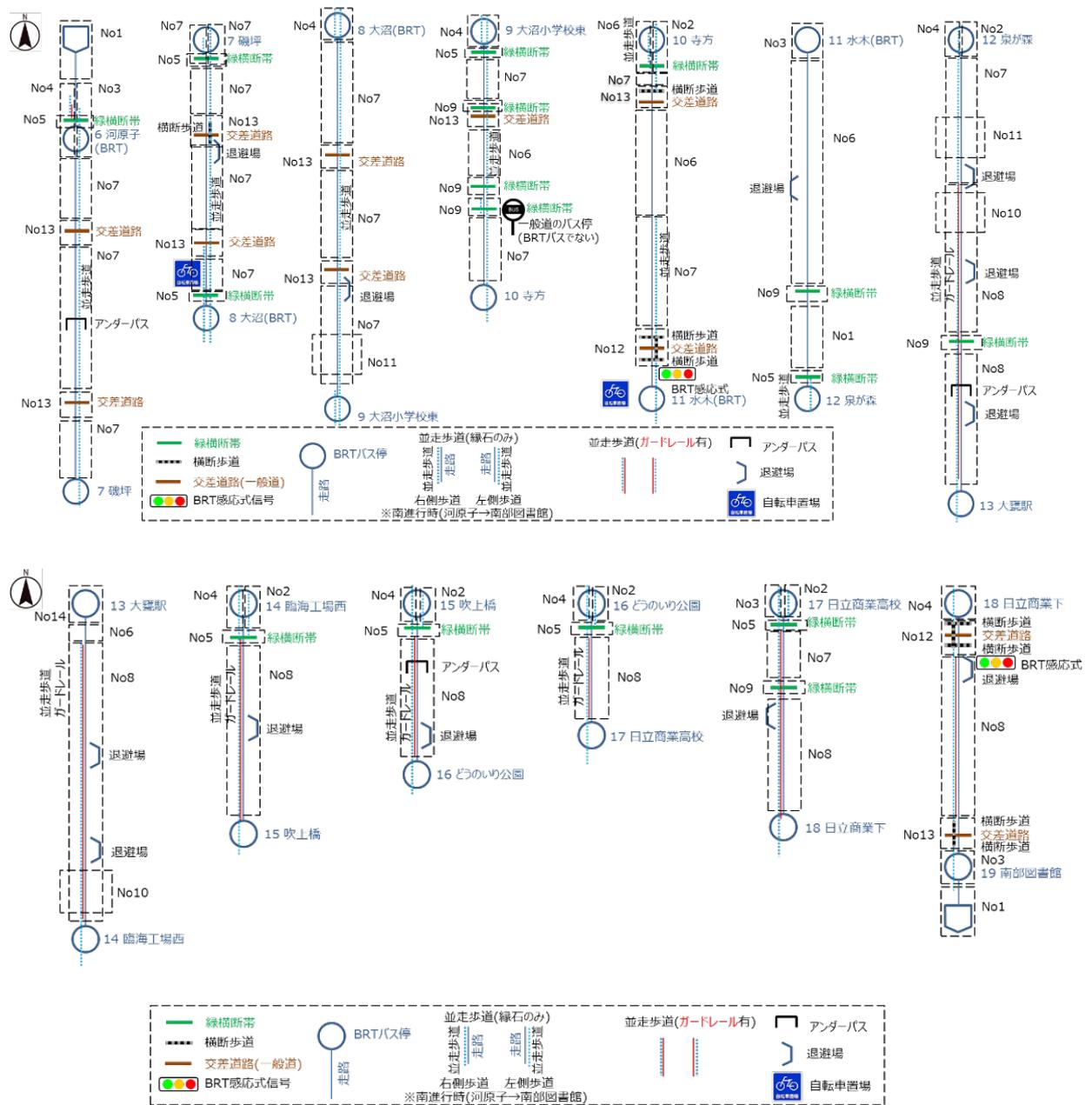


図 3-8 各分類の分布状況の図（例）

(3) 各分類での基本的な走行方法

各分類毎に、基本的な走行方法を定義する。走行シーンのケース、設計の前提条件、タイミングチャート、走行シナリオ、安全性評価結果、などを記載することが望ましい。ひたち BRT を題材とした記載例を以下に記す。

1) 信号無し交差点（分類#13）での基本的な走行方法

以下の事項を定義して、基本的な走行方法を具体化していく。

- ・走行シーンのケース分類

交差点に進入し通過するケース

交差点に進入するも交差点内で前へ進めなくなるケース

交差点に進入できないケース

・設計の前提条件

交差車両の速度、減速度、振舞い、など

・タイミングチャートでの表記

例えば、レベル4走行の継続が困難なケースについて、図 3-9 に示すようなタイミングチャートを用いて、障害物の検出から、自動運行の終了、障害物の除去、自動運行の再開までの一連の動作を記載することが望ましい。

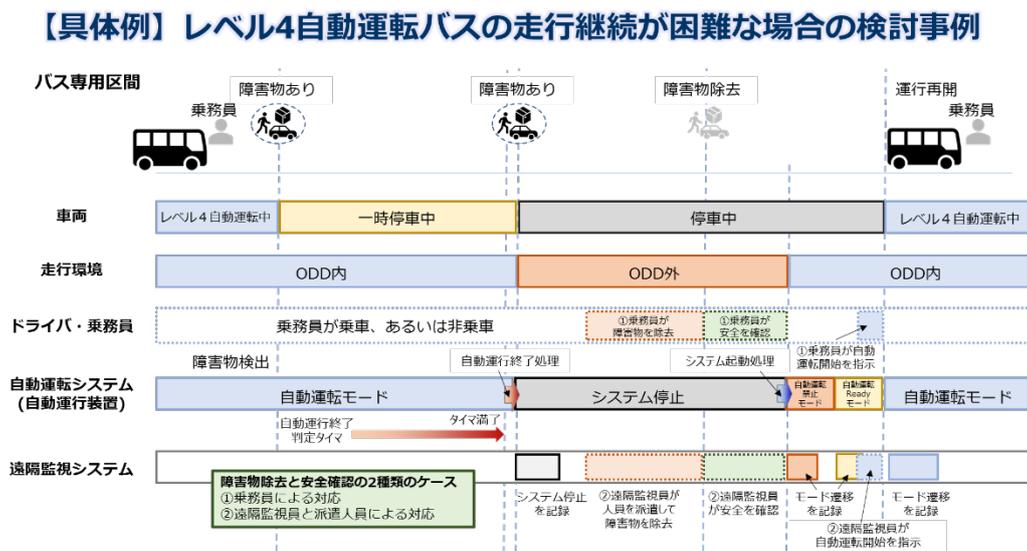


図 3-9 信号無し交差点でのタイミングチャート記載 (例)

2) 専用区間端点 (分類#1) での基本的な走行方法

以下の事項を定義して、基本的な走行方法を具体化していく。

・走行シーンのケース分類

営業所車庫から出発し、専用区間外区間をマニュアル運転で走行して、専用区間端点で自動運転に切替えて、自動運転で専用区間を走行するケース

専用区間を自動運転して、専用区間端点でマニュアル運転に切り替えて、専用区間外区間をマニュアル運転で走行して、営業所車庫へ帰庫し停止するケース

・設計の前提条件

自動運転システムの電源立上げシーケンス、自動運転開始の条件

自動運転システムの電源シャットダウンシーケンス、自動運転停止の条件

・タイミングチャートでの表記

自動運転バスの起動手順について、図 3-10 に示すようなタイミングチャートを用いて、営業所車庫から出発し、専用区間外区間をマニュアル運転で走行して、専用区間端

点で自動運転に切替え、専用区間を自動運転するまでの一連の動作を記載することが望ましい。停止手順についても、同様に一連動作を記載することが望ましい。

### 【具体例】レベル4自動運転バスの起動手順に関する検討事例

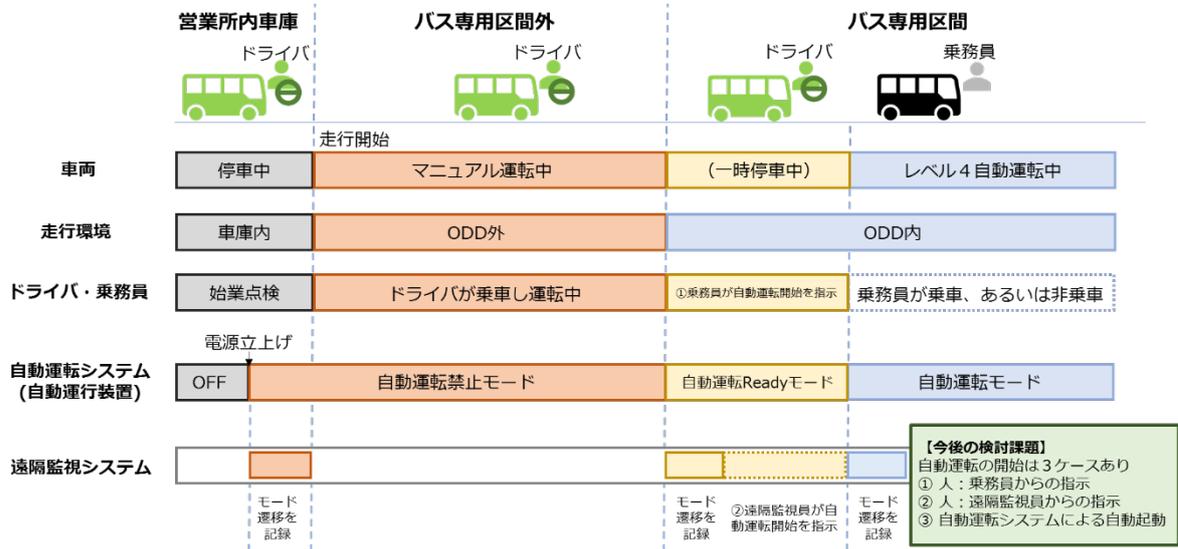


図 3-10 専用区間端点でのタイミングチャート記載 (例)

#### 3.1.2. ODD に応じたセーフティアセスメント手法やそのガイドラインの検討

無人自動運転移動サービスに必要な安全性を確実にかつ効率的に確保するためには、必要な知識を備え設計段階で安全に考慮した設計を行う事が重要となる。一方で、自動運転移動サービスの車両開発事業者は、スタートアップや大学など、これまで安全を考慮した車両設計の経験が無いケースも散見される。このようなことから車両開発事業者を対象とした、自動運転移動サービスに用いられる車両の安全設計・評価を行う参考となる手順や事例等を示した安全設計・評価ガイドブックを作成した。

安全設計・評価ガイドブック自体は、安全設計・評価ガイドブック第1版.pdfを参照のこと。

##### (1) 安全設計・評価ガイドブックの概要

ひたち BRT 専用区間でのレベル3以上の実用化に向けては、安全目標（合理的に予見可能で回避可能な事故を起こさないこと等）を達成するために、危険が予想されるケース（歩行者脇通過や交差点通過などにおける歩行者や交差車両との衝突等）を洗い出し、傷害度や発生頻度なども考慮してリスクの大きさを定義し、安全目標に対して許容できないリスクが存在しないレベルまでリスクを低減するための安全方策（例えば、一旦停止や低速走行、ガードレール設置、インフラ連携・遠隔監視の活用等も含めた安全走行方法）を定義・実装し、必要に応じてテストコース走行や実証実験等を通じて、最終的に安全目標が達成されていることを確認する必要がある。

安全設計・評価ガイドブックは、その一連の実施項目や実施方法、設計における注意点や実施事例等を記載し、安全設計の知見や経験の浅い車両開発事業者が、必要な安全性を確実にかつ効率的に確保するための「参考書」として有効活用されることを目指したものである。

2022年度の安全設計・評価ガイドブックにおける2021年度版からの高度化・進化のポイントを以下に記す。

- ・対象を自動運転移動サービスを実現する全体システム(表 3-1 を参照)拡張している。
- ・安全走行戦略 WG にて整理した安全走行戦略の基本的な考え方を記載している。その際、ひたち BRT や柏の葉での「歩行者脇通過」と「交差点通過(直進、右折)」の検討例を用いて、具体的に基づく考え方を整理している点が重要である。
- ・車内乗客安全 WG にて整理した車内乗客安全の基本的な考え方を記載している。その際、移動サービスを継続するために乗務員が行っているタスクをリストアップして、今後の考え方整理の基点を示している点が重要である。

2022年度の安全設計・評価ガイドブックの概要、章立てを以下に記す。

## (1) 概要

### ・位置づけ

国土交通省「自動運転車の安全設計ガイドライン」(2018.9)の具体化として、より具体的に、よりわかりやすくした内容とする。

### ・2022年度の目標

安全設計・評価ガイドブック(ドラフト版)を完成させ、1章~3章は2022年度末に公開し、4章以降は2023年度に公開を予定する。

### ・WGでの議論の観点

安全設計・評価ガイドブックの目的を再共有し、具体的な活用方法に関する議論を行い、ガイドブックに記載する項目や記載内容に関して審議する。

### ・安全走行戦略 WG が担当する部分

走行制御システムと走行環境(インフラ等)に関する検討、安全な自動走行制御の基本的な考え方、主要走行シーンの安全走行ストラテジ、遠隔監視とインフラ等への要求要件、機能安全・SOTIF、サイバーセキュリティ等への取り組み方を担当する。

### ・車内乗客安全 WG が担当する部分

乗客の車内安全に関する検討、移動サービスを継続するために行うべきことのリストアップ、それぞれの対応に対する考え方の整理を担当する。

## (2) 章立て(案)

### 目次

#### 1 はじめに

##### 1.1 背景

- 1.2 目的
- 2 本ガイドブックが対象とする車両・サービス
  - 2.1 自動運転レベル
  - 2.2 本ガイドブックの対象範囲
- 3 自動運転車の安全性に関する基本的な考え方
  - 3.1 各種ガイドラインにおける自動運転車の安全設計に対する考え方
  - 3.2 自動運転車の安全走行戦略に関する基本的な考え方
  - 3.3 安全走行戦略ワーキンググループにおける議論
  - 3.4 車内安全システムに対する考え方
  - 3.5 車内乗客安全ワーキンググループにおける議論
- 4 自動運転車の安全性に関する要配慮事項 1：運行設計領域 (ODD) の設定
  - 4.1 ユースケースの設定
  - 4.2 障害物の選定
  - 4.3 ODD の設定
  - 4.4 シナリオの設定
- 5 自動運転車の安全性に関する要配慮事項 2：安全設計コンセプト検討
  - 5.1 車両レベルの機能定義 (既存システム)
  - 5.2 本来安全 1：本来設計 (外乱なし)
  - 5.3 本来安全 2：本来設計 (外乱あり／センサ認識系除く)
  - 5.4 本来安全 3：性能限界 (センサ認識系)
  - 5.5 本来安全 4：ミスユース
  - 5.6 機能安全
- 6 自動運転車の安全性に関する要配慮事項 3：保安基準の遵守
- 7 自動運転車の安全性に関する要配慮事項 4：HMI
- 8 自動運転車の安全性に関する要配慮事項 5：データ記録装置の搭載
- 9 自動運転車の安全性に関する要配慮事項 6：サイバーセキュリティ
  - 9.1 車両製作者・自動運転移動サービスのシステム提供者・車両使用者の役割
  - 9.2 開発・製造段階でのサイバーセキュリティの確保
  - 9.3 運用段階でのサイバーセキュリティの確保
- 10 自動運転車の安全性に関する要配慮事項 7：安全性評価
  - 10.1 実環境試験
  - 10.2 仮想環境シミュレーション
  - 10.3 実環境試験の事例
- 11 自動運転車の安全性に関する要配慮事項 8：使用過程の安全確保
  - 11.1 ソフトウェアアップデート機能の実装
  - 11.2 ソフトウェアアップデートの実施

- 12 自動運転車の安全性に関する要配慮事項 9: 自動運転車の使用者への情報提供
  - 12.1 利用者や地域住民、社会に向けた情報提供の必要性
  - 12.2 事業者／地方自治体などに向けた情報発信
- 13 無人自動運転移動サービスに用いられる車両の安全性（追加事項）
- 14 車内乗客安全に関する要配慮事項
  - 14.1 車内乗客安全における考え方
  - 14.2 車内乗客安全の前提
  - 14.3 車内乗客安全を実現するための考えられるタスク（通常時）
  - 14.4 車内乗客安全を実現するための考えられるタスク（通常時以外）
  - 14.5 まとめ
- 15 インフラに関する要配慮事項（環境整備）

-----

### 3.2. ひたち BRT における安全設計事例の検討

ひたち BRT における自動運転レベル 4 の社会実装を目標に、歩行者脇と交差点を通過するケースに関して、安全に走行する方法を具体的に検討し、多様化の検討材料として提示するために安全設計・評価のポイントを整理した。ひたち BRT でレベル 4 の社会実装を目指す専用道区間では、バス走行路に沿って歩道が設けられた区間があり、ガードレール等による歩車分離の形態も様々である。また、一般道路との交差点は 11ヶ所存在し、そのうちの 2カ所以外は信号のない交差点となっている。歩行者脇の通過と交差点の通過は安全確保に向けた重要な検討ポイントであり、昨年度検討した安全走行の基本的な考え方を踏まえて、「安全走行戦略」を検討した。

なお、ここでいう「安全走行戦略」は一般的に定義され使われていることではなく、以降、大局的な視点で、合理的に予見可能で回避可能な事故を回避するための考え方や方策を意味し、リスクの想定範囲、リスク回避の考え方や方策などのことをいう。

#### 3.2.1. 歩行者脇の通過に関して

自動運転移動サービス車両が、走行路の左側の歩道（ガードレール無し）を通行する歩行者を認識しながら、背中越しに追い越す場面の安全走行戦略について検討事例を示す。この場合の基本的な走行戦略は、歩車分離の状況や歩行者の状態から、歩行者が走行路に飛び出してくるリスクを想定し、そのリスクを許容可能なレベルに低減できる速度で歩行者に接近し通過することになる。

歩行者の急な飛び出しによって衝突が起きる可能性を定義する要素としては、歩行者

と車両との相対的（前後方向と横方向）な距離と速度、車両が停止するまでの制動距離などが挙げられる。重要な課題は、関係者の協議によって、想定すべき歩行者の飛び出し行動を（合理的に予見可能で回避可能な行動）定義することである。

参照すべき案件として、対歩行者自動ブレーキ（衝突被害軽減ブレーキ）の性能評価で検討されている歩行者の飛び出し形態で、駐車車両の死角から歩行者が飛び出す想定で実験が行われている。但し、対歩行者自動ブレーキはヒューマンドライバの運転を支援するADASの機能であり、危険を回避する責任はドライバにあるが、自動運転レベル4では、ODDの範囲において、ドライバに代わって自動運転システムが危険を回避する責任を担うため、対歩行者自動ブレーキと同等で良いとは限らない点に留意が必要である。

また、参照すべき観点としてヒューマンドライバとの比較が挙げられるが、防衛運転に長けた慎重なベテランドライバの場合、ガードレールや植樹等と歩行者の位置関係などを正確に認識し、歩行者がバスの接近に気付いているかという観点で歩行者の行動（細かい挙動や顔向きなど）を観察するなど、非常に高度な判断を行うことが知られている。一方で、現状において実用化可能な自動運転技術では同等の判断を行うことは難しく、歩車分離の高度化や歩行者に接近する際の走行速度低減などによって飛び出しのリスクを低減する必要がある。

ひたちBRTで歩行者脇を通過する際の安全走行戦略に関する検討内容を、図3-11、図3-12のとおり整理し、安全走行戦略WGでの検討材料として紹介した。

### ◆ 走行環境

- ✓ 並走する歩道がある**自動運転車両専用路**
  - 車道と歩道を分離する路肩 → **複数の種類がある**
    - 白線のみ / 縁石あり / ガードレール(隙間あり) / ガードレール(隙間なし)

### ◆ 走行方法の基本的な考え方

- ✓ 車両の走行速度
  - 歩行者と車両間の前後&横方向の距離に基づいて決定
- ✓ 潜在的な危険性
  - 歩行者が5km/hで真横に飛び出してくると想定
    - 接触・衝突が避けられない**危険ゾーン**に歩行者がいる場合 → **徐行または停止**
    - **危険ゾーン**に歩行者が存在する状態が長時間継続した場合 → **自動運行終了**



図 3-11 歩行者脇通過の基本的な考え方

## ◆検討のポイント

### ✓歩行者飛出しの想定範囲

- ・「5km/hでの真横飛出し」でいいのか ← ADASでの議論に基づく

### ✓危険予知運転の考え方

- ・**状況1**：遮蔽物等で見通しが悪い場合

→ そこに歩行者が存在することを想定して走行（＝遮蔽物との横距離に応じて徐行）

- ・**状況2**：ガードレール等で歩行者の飛び出しが難しくなる場合

→ すり抜けの容易性に応じて走行速度を変える

- ・**状況3**：夜間・雨天の路上での横臥などがある場合

→ 発見困難かつリスク（傷害度、頻度等）を論理的に説明しにくい → どう考慮するか

- ・**一般路への展開**

- 今回はひたちBRTバス専用路が検討事例 → 一般路走行にそのまま展開可能か否か

・ ADASは衝突回避、ADでは危険回避を考慮する必要が無い？  
・ 道路構造や天候、車両（歩行者からの視点）、慣習等の違いについて考慮不要か？

極低速衝突の傷害度は従来乗用車開発のスコープ外

永平寺町では、衝突検知後の最大制動で最善を尽くすことも考慮されている

図 3-12 歩行者脇通過検討のポイント

### 3.2.2. 信号なし交差点の通過（直進）に関して

交差点には信号機の有無、車線数、交差角度など多様化の因子は多々あるが、ここではひたち BRT 専用路における信号のない交差点において、周囲の安全を確認して交差点を直進して通過する場面の安全走行戦略について検討事例を示す。

この場合の基本的な走行戦略は、交差車両の位置と速度、自車両が交差点を通過するために必要な時間から、交差車両が交差点に到着する前に、交差点を通過できるかを判断することになるが、この判断は自車線と交差道路の優先関係において異なると思われる。また、道路構造などの影響によって、交差道路側が優先と誤認する危険性があることも想定する必要がある。無信号交差点を直進する際は左右の交差道路から来る車両について、制限速度に対してどの程度まで超過してくるケースを想定するべきかが安全設計のポイントとなる。参考とすべきは、警察庁の交通ルール等解説でも多用されている「実勢速度」の考え方である。交差点を「渡り切れるか否かの判断」には、交差車両や対向車両の「速度の想定」が重要で、「現在速度」「制限速度」「実勢速度」の三つの速度の関係で整理できないかと考えた。自動運転システムは、交差道路を走行してくる車両の速度と位置を検出するが、交差車両の速度によって、それ以降にどの程度まで加速してくる可能性があるかについて、場合分けを検討した。

但し、下記は単なる「予測」であって、確率的にある程度高くなったとしても、確証にはなり得ないし、予測だけで細かく定義する意味は無いと思われる。一方で、現地の交通実態を調査することは非常に有効と思われる。統計的に有効な論証となるデータを収集するには多大な労力と費用が必要となり限界があるが、先行する事例や類似の事例等でデータを共有し有効活用するなど、協調領域として取り組むべき課題と思われる。

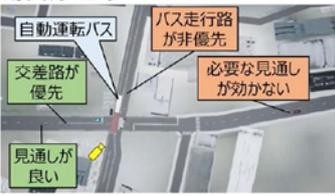
- (1) 現在車速<制限速度の場合 例：上限は制限速度まで考慮か
- (2) 制限速度<現在速度<実勢速度の場合 例：上限は実勢速度まで考慮か
- (3) 実勢速度<現在速度の場合 例：上限は現在速度まで考慮か

ひたち BRT で信号のない交差点を通過する際の安全走行戦略に関する検討内容を、図 3-13 のとおり整理し、安全走行戦略 WG での検討材料として紹介した。

### ◆ 走行環境

✓ 自動運転車両の専用路と一般車道（交差路）との交差点

- ・ 交差路の見通し：見通しが良い場合、必要な見通しが効かない場合があり
- ・ 道路の優先関係：交差路が優先の場合、非優先の場合があり



### ◆ 走行方法の基本的な考え方

✓ 交差点進入の可否判断

- ・ 交差車両の位置と速度から交差点進入の可否を判断

✓ 交差点進入後の挙動

- ・ 進入後は速やかに通過

✓ ポイント

- ・ 優先非優先ごとに手順が異なる

交差衝突の場合、車体側方に衝突を受ける側の車両速度を落としても傷害度への影響は少ない反面、通過に時間をかければ暴露時間が増加するのではないか？



無信号交差点直進シーンの再現

### ◆ 議論のポイント

✓ 関連法規：道路交通法・第36条、38条、42条

✓ 危険予知運転の考え方

- ・ 交差車両の速度
  - 実勢速度（85パーセンタイル速度）でよいか
- ・ 道路の優先・非優先
  - 道路交通法・第36条の遵守を前提として、以下のことを仮定してよいか
    - » 自動運転車側が優先道路の場合：交差車両の減速・停止を期待する
    - » 交差車両側が優先道路の場合：交差車両が自動運転車に道を譲ってくれない
    - » 優先関係が分かりにくい場合：交差車両が左方優先（第36条第1項第1号）を遵守する
- ・ 見通しの悪い交差点
  - 道路交通法・第42条の遵守を前提として、以下のことを仮定してよいか
    - » 自動運転車側が優先道路の場合：交差車両の減速・停止を期待して徐行しない
    - » 交差車両側が優先道路の場合：徐行する（=交差車両が自動運転車に道を譲ってくれない）
- ・ 歩行者がいる場合
  - 道路交通法・第38条の遵守を前提としてよいか

・ 「実勢速度」を決めるための材料（交通データなど）や論証方法は？

・ 材料収集は負担が大きく、移動サービス開発計画の初期段階から計画されるべき重要項目ではないか？

図 3-13 安全走行戦略検討事例 無信号交差点通過

### 3.3. ひたち BRT のセーフティアセスメント

2022 年度は、2023 年度のレベル 3 以上の自動運転移動サービスの社会実装実現に向けて、自動運転を行う全走行路に対して、設計段階で想定したハザードに対してリスク

を許容レベルに下げられるための方策検討、および実装後のテストが適切に行われ、動作したかどうかのエビデンス等を一部確認した。

また、安全性に影響の大きい項目については、実車を使った安全性実験評価の必要性などを整理し、実環境を模擬したテストコースで実車を走行させて確認した。評価項目については、車両開発側と提供可能な情報のすり合わせを実施し、効率的で有効なセーフティアセスメント手法を検討した。

2022年度は、効率的なセーフティアセスメント（評価）を実施するため、2021年度と2022年度の自動走行システムの変化点に着目した。2021年度から2022年度への変化点としては、安全設計の目標を「システムからドライバーへの権限移譲要請（Take Over Request、以下「TOR」という）まで機能継続（レベル3前提）」から「車両が停止するまで機能継続した後、自動運転機能を停止（レベル4前提）」に見直したことである。

具体的には、2022年度に実施したひたちBRT安全走行設計シート（ひたちBRTの全コースの特徴的な要素をピックアップし、安全走行に関する要素を走路の専用度合い、バス動作の観点、交通参加者の関与などから類型化したもの）による安全分析結果を自動走行システムに反映し、よりリスクを低減できるようにするために、安全状態を2022年度はレベル4に向けて「故障や性能限界発生時、車両が安全に減速し停車するまで自動走行システムの機能継続後、自動走行システムの機能を停止」とした。2022年度の自動走行システム構成を図3.3-1に示す。

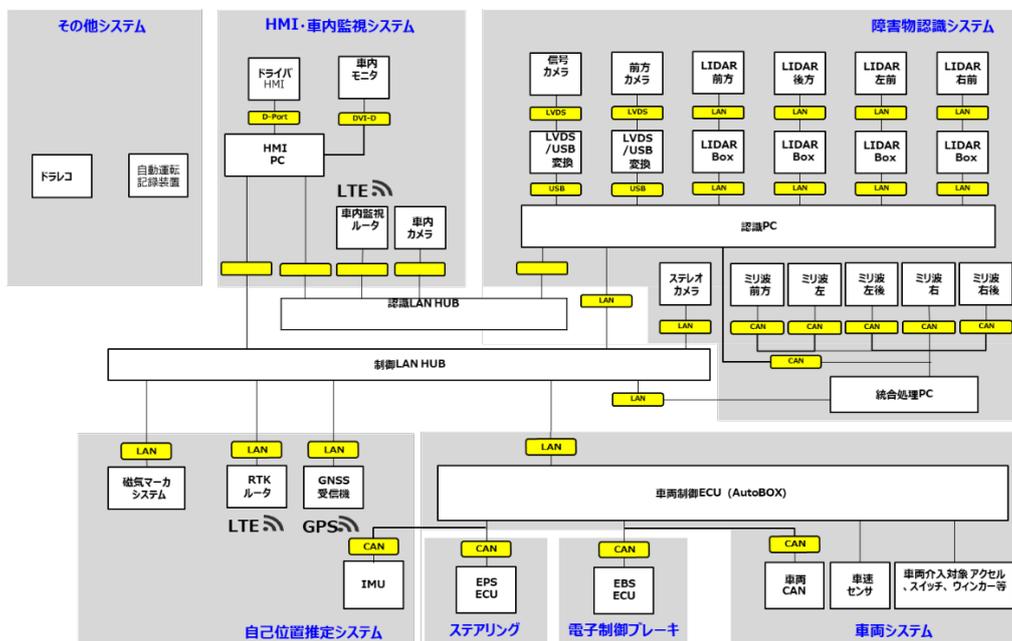


図 3.3-1 自動走行システム構成（自動運転システム開発メーカーより入手）

2022年度の自動走行システムに対して、自動車機能安全（ISO 26262）と意図した機能の安全性（Safety Of The Intended Functionality ; SOTIF、性能限界やミスユースが原因の

ハザードに対する安全性）（ISO 21448）の考え方に基づいて行った安全設計（故障や性能限界、ミスユースが生じてでもMRMにより安全な停車を可能とするための自動走行機能の冗長化など）の適切性をアセスメント（評価）した。

評価の結果、ひたちBRTの自動走行システムの安全設計は、2021年度のシステムに対して、障害物および歩行者認識ロジック追加や、制御アルゴリズムのアップデート、電源の冗長化などが実施されていることが確認できた。一方、ひたちBRT専用道区間でのR4年度現地実証実験において、信号灯色認識、信号無し交差点での走行制御、歩行者脇通過走行制御などで、安全設計の一部不十分な点が判明し、周辺環境認識性能改善や、制御アルゴリズムなど、追加で安全設計を検討する必要があることが判った。

そのため、レベル4に向けては更なる安全設計の改善検討が必要である。本課題について2023年度の安全設計で検討する必要がある。

尚、評価を通じて、セーフティアセスメントの実施に有用なチェックシートなどの整備を検討し、案を策定した。今後、内容のブラッシュアップが必要である。

### 3.3.1. ハザードの分析とリスクの評価

#### (1) アイテム定義

ひたちBRTの自動走行システムの機能失陥（故障など）に伴うハザードを特定するため、アイテム定義を行った。図3-14に対象となるアイテムを示す。アイテムはIF1～IF14により構成される。図の赤破線にアイテム境界を設定した。アイテム定義に関して、2021年度と2022年度で差分がないことがわかった。

なお、IFはIntended Functionality（意図した機能）の略である。

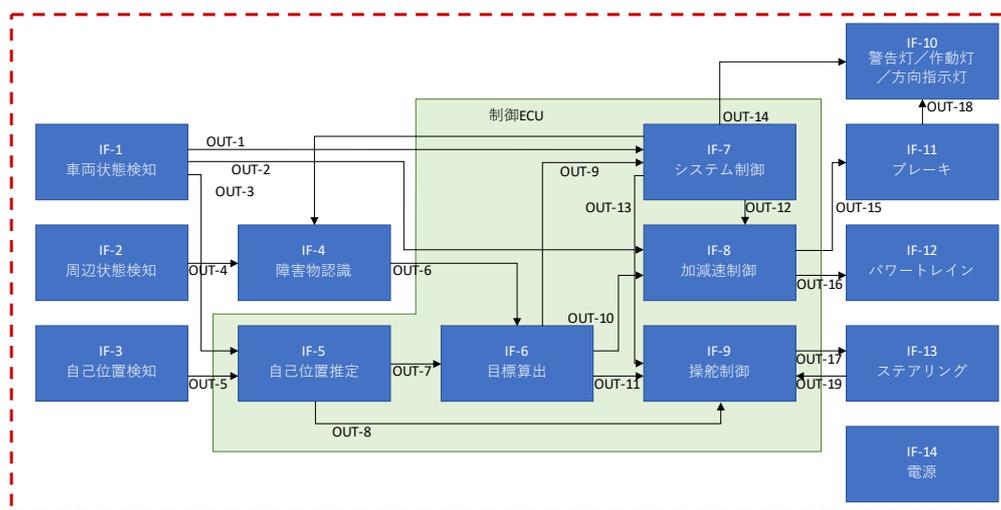


図 3-14 アイテム範囲

アイテムの機能概要（表3-3）でアイテムのIFの各機能について説明する。

表 3-3 アイテムの機能概要

ID	機能名	機能説明
IF-1	車両状態検知	車両状態（ヨーレート、車速、加速度など）を検知し、物理量（大きさ、時間など）に変換する機能
IF-2	周辺状態検知	走行周辺環境を対象物（例：静止物、周辺車両、歩行者、車線など）を検知し、物理量（大きさ、距離など）に変換する機能
IF-3	自己位置検知	GNSS（Global Navigation Satellite System, 全世界測位システム）または磁気マーカ（RD-ID付）による、自車座標（緯度／経度）を検知する機能
IF-4	障害物認識	走行周辺環境の検知結果に基づき、周辺の静止物、移動物の位置や速度を認知する機能
IF-5	自己位置推定	スタティックMAPとランドマーク情報、走行周辺環境、自車座標、及び車両状態の検知結果に基づき、自車位置（位置、速度、姿勢など）を推定する機能
IF-6	目標算出	推定した自車位置に対してこれから予定される走行経路の設定を行う機能  計画された目標軌跡及び目標車速に基づき、軌跡追従するためのステアリング操舵角を演算する機能  計画された目標軌跡及び目標車速に基づき、目標車速を実現する制御駆動力を演算する機能  指示された制御駆動力に基づき、エンジンとブレーキに対する制御量の分配を演算する機能
IF-7	システム制御	操舵、加減速の目標制御量を導出する機能
IF-8	加減速制御	計画された目標軌跡及び目標車速に基づき、目標車速を実現する制御駆動力を演算する機能
IF-9	操舵制御	操舵角指令値に従い、操舵角を制御する機能
IF-10	警告灯／作動灯／方向指示灯	車両機能システムへの入力を検出し、車両機能システムへの介入信号を発生する機能
IF-11	ブレーキ（外部システム）	ブレーキ圧を調整する機能
IF-12	パワートレイン（外部システム）	駆動力を生み出す機構
IF-13	ステアリング（外部システム）	ステアリングを操舵する機能
IF-14	電源	アイテムに電源を供給する機能

(2) システム故障に伴うハザード分析

ここでは、アイテム定義のアーキテクチャを元に、ハザード（危害の潜在的な原因）を特定した。具体的にはアイテムの各機能で故障が発生した時の車両ハザードを特定した。シチュエーションはひたち BRT の走行路線を元に検討したユースケースで、例えば、直線走行、カーブ走行、交差点通過、バス停停車などを想定した。表 3-4 に HAZOP (Hazard and operability study、アイテムのハザードを特定するための手法の 1 つ) による分析結果の例（IF-1 車両状態検知機能）、表 3-5 にハザード特定結果の例を示す。

表 3-4 HAZOP 分析結果の例

着目点	ガイドワード	影響	ハザードの種類					
			HZ1	HZ2	HZ3	HZ4	HZ5	HZ6
			操舵失陥 (操舵しない)	セルフステア (勝手に操舵)	加速不良	急加速	急減速	制動失陥
動作の有無 (No)	車両状態データ有り	意図機能						
	車両状態データ無し	車両状態(車速、ヨーレート等)が認識できず、適切な制御量を算出できない。適切な操舵、加減速制御が行えない	×	×	×		×	×
動作の程度 (Less/More)	車両状態のデータが実より大きい	車両状態(車速、ヨーレート等)が誤った値のデータとなり、適切な制御量を算出できない。適切な操舵、加減速制御が行えない	×	×	×	×	×	×
	車両状態のデータが実より小さい	車両状態(車速、ヨーレート等)が誤った値のデータとなり、適切な制御量を算出できない。適切な操舵、加減速制御が行えない	×	×	×	×	×	×
誤った値 (Other than)	誤った車両状態の入力	車両状態(車速、ヨーレート等)が誤った値のデータとなり、適切な制御量を算出できない。適切な操舵、加減速制御が行えない	×	×	×	×	×	×
動作の向き (Reverse)	車両状態のデータの向きが逆	車両状態(車速、ヨーレート等)が誤った値のデータとなり、適切な制御量を算出できない。適切な操舵、加減速制御が行えない	×	×	×	×	×	×
動作のタイミング (Early/Late)	位置情報の更新が早い	—						
	位置情報の更新が遅い	車両状態(車速、ヨーレート等)が遅延し誤った値のデータとなり、適切な制御量を算出できない。適切な操舵、加減速制御が行えない	×	×	×	×	×	×
動作の順序 (Before/After)	位置情報送信順序が乱れる	車両状態(車速、ヨーレート等)が誤った値のデータとなり、適切な制御量を算出できない。適切な操舵、加減速制御が行えない	×	×	×	×	×	×
	—	—						
動作の質 (As well as/Part of)	量を多くを位置情報を演算する(回数)	—						
	量を少なく位置情報を演算する(回数)	車両状態(車速、ヨーレート等)が遅延し誤った値のデータとなり、適切な制御量を算出できない。適切な操舵、加減速制御が行えない	×	×	×	×	×	×

表 3-5 ハザード特定結果の例

ID	機能名	ハザードの種類					
		HZ1	HZ2	HZ3	HZ4	HZ5	HZ6
		操舵失陥 (操舵し ない)	セルフス テア (勝 手に操 舵)	加速不良	急加速	急減速	制動失陥
IF-1	車両状態検知	X	X	X	X	X	X
IF-2	周辺状態検知			X		X	X
IF-3	自己位置検知	X	X	X		X	X
IF-4	障害物認識	X	X	X		X	X
IF-5	自己位置推定	X	X	X		X	X
IF-6	目標算出	X	X	X		X	X
IF-7	システム制御	X	X	X	X	X	X
IF-8	加減速制御			X	X	X	X
IF-9	操舵制御	X	X				
IF-10	警告灯/作動灯/方向指示灯						
IF-11	ブレーキ (外部システム)					X	X
IF-12	パワートレイン (外部システム)			X	X		
IF-13	ステアリング (外部システム)	X	X				
IF-14	電源	X	X	X	X	X	X

アイテムの各機能が故障した場合、主なハザードとして、操作系（ステアリング、パワートレイン、ブレーキ）に着目すると「6つのハザード（HZ1～HZ6）が特定され（Xで表記）」され、上位機能（検知、認知、判断）の故障により、「すべてのハザードが生じる可能性」があることがわかった。ハザードの分析に関して、2021年度と2022年度で差分がないことが判った。

尚、ハザード特定にあたり、ISO 26262 に従い、E/E（Electrical and/or Electronic；電気／電子、以下、「E/E」という）システムの機能故障を対象とした。

### (3) システム故障に伴うハザードのリスク評価

上記の各ハザードにシチュエーションを加えたハザードスイベントについてリスクアセスメント（E：Exposure；エクスポージャ（曝露）、S：Severity；シビリティ、C：

Controllability ; コントローラビリティ の評価) および ASIL (Automotive Safety Integrity Level ; 自動車安全度水準、以下、「ASIL」という) を検討した。

表 3-6 にリスクアセスメントの結果の例を示す。エクスポージャ評価は、ひたち BRT バス路線を走行する一般的な条件 (例、車速 40km/h など) におけるシチュエーションを選定し「高」とした。走行中の故障によりハザードが発生し、バスが衝突した場合のシビアリティ評価の根拠は明確ではないため、衝突時の乗客のシビアリティは「高」とし、車内事故である乗客転倒時のシビアリティは「低」とした。コントローラビリティ評価は自動運転レベル 3 以上を想定するとドライバは通常ステアリングから手を離しており、衝突する前のドライバ回避操作の反応時間が遅れると考えられる。更にレベル 4 を想定すると回避行動を乗員などに期待できないため、回避は困難としてコントローラビリティを「高」とした。

従って、表 3-6 中に ASIL は明記せず、各ハザードスイベント (HZ1~HZ6) に関する ASIL について HZ3 加速不良は「無」となり、それ以外は「中」、「高」となった。また、表 3-7 に示すような歩行者や車両を含めたシナリオも検討したが、エクスポージャが「低」と想定され各シナリオの ASIL は「低」となった。リスクアセスメントの結果に関して、2021 年度と 2022 年度で差分がないことが判った。

表 3-6 リスクアセスメントの結果の例

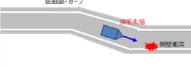
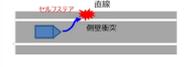
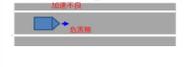
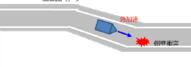
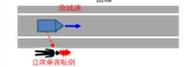
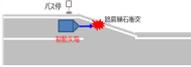
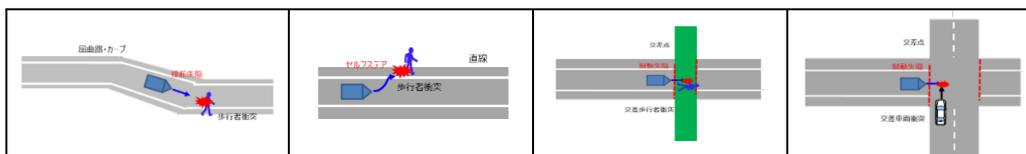
No.	区分	Item	Hazard	Situation	Scenario		Harm	E 頻度	C 回避困難	S 被害度	ASIL 総合評価
					イメージ	Hazardous Event					
HZ1	操舵 失陥	操舵制御	自動運転において必要な操舵ができない	自車は専用道路のカーブを自動走行で曲がろうとしている。		自車は専用道路のカーブを自動走行で曲がろうとしている状態で、必要な操舵がされず、カーブを曲がれずに車線を逸脱し側壁と衝突する。	自車が側壁に衝突し、運転者や乗客が傷害を負う。	高	高	高	高
HZ2	セルフ ステア	操舵制御	自動運転において必要な操舵がされる	自車は専用道路を自動走行で直進している		自車は専用道路を自動走行で直進している状態で、操舵され、車線を逸脱し側方の壁に衝突する。	自車が側壁に衝突し、運転者や乗客が傷害を負う。	高	高	高	高
HZ3	加速 不良	エンジン 制御	自動運転において必要な加速ができない	自車は専用道路を自動走行で直進している		自車は専用道路を自動走行で直進している状態で、定速まで加速しようとしたが加速できない。	危害は発生しない	-	-	無	無
HZ4	急加速	エンジン 制御	自動運転において必要な急加速をする	自車は専用道路のカーブを自動走行で曲がろうとしている。		自車は専用道路のカーブを自動走行で曲がろうとしている状態で急加速し、車線を逸脱し側壁と衝突する。	自車が側壁に衝突し、運転者や乗客が傷害を負う。	高	高	高	高
HZ5	急減速	ブレーキ 制御	自動運転において必要な急減速をする	自車は専用道路を自動走行で直進している		自車は専用道路を自動走行で直進している状態で、急減速し車内の立席乗客が転倒する。	車内の立席乗客が転倒し、傷害を負う	高	高	低	中
HZ6	制動 失陥	ブレーキ 制御	自動運転において必要な制動ができない	自車は専用道路の停留所で自動走行で停止しようとしている		自車は専用道路の停留所で自動走行で停止しようとしている状態で、自車は減速できず路肩縁石と衝突する。	自車が路肩縁石に衝突し、運転者や乗客が傷害を負う。	高	高	高	高

表 3-7 リスクアセスメントで検討した他のシナリオの例



(4) 機能の不十分性及びミスユースに伴う危険な事象の想定

自動走行システムは周辺環境をセンシングすることで状況を認識するので、意図した機能及びその実装が危険な振舞いの原因になる可能性がある。そのような危険な振る舞いの原因としては以下が上げられる。

- ・環境を正しく認知する機能、又は多様な環境条件に対応する機能の不十分性
- ・センサ入力の変動、システムのロバスト性の欠如
- ・予期しない人間の振舞い

これらに対処するために、意図した機能の安全性 (Safety Of The Intended Functionality、以下「SOTIF」という) の考え方にに基づき、想定される危険な事象を抽出した結果を表 3-8 に示す。

表 3-8 性能の不十分性及びミスユースに伴う危険事象の想定

ID	機能名	性能の不十分性及びミスユースに伴う危険な事象の想定
IF-1	車両状態検知	・濡れた路面、凍った路面でタイヤが空転し、車速検出が正常にできない場合がある。
IF-2	周辺状態検知	・障害物までの距離によってはLiDARで検知できない場合がある。 ・規定サイズを超える障害物であれば検知できるが、規定サイズ以下の障害物は検知できない場合がある。 ・逆光などによりカメラでの物標認識ができない場合がある。 ・濃霧によりカメラ又はレーダでの物標認識ができない場合がある。 ・レンズへの付着物により物標認識ができない場合がある。
IF-3	自己位置検知	・磁気ネイルが設置されていない箇所があるので、情報が取得できない場合がある。 ・磁気マーカ読み取りの精度によっては、読み飛ばしが発生する場合がある。
IF-4	障害物認識	IF-2の検知性能に依存する
IF-5	自己位置推定	IF-3の検知性能に依存する
IF-6	目標算出	IF-2, IF-3の検知性能に依存する
IF-7	システム制御	・制御開始位置ではないタイミングで制御開始スイッチが押される可能性がある。(ミスユース)
IF-8	加減速制御	・安全な制御を行うためには、チューニング段階で道路環境に準じた加減速プロファイルを設定する必要がある。
IF-9	操舵制御	・安全な制御を行うためには、チューニング段階で道路環境に準じた操舵プロファイルを設定する必要がある。
IF-10	警告灯/作動灯/方向指示灯	性能やミスユースによる影響は無い
IF-11	ブレーキ (外部システム)	車両の基本性能に依存するので対象外
IF-12	パワートレイン (外部システム)	車両の基本性能に依存するので対象外
IF-13	ステアリング (外部システム)	車両の基本性能に依存するので対象外
IF-14	電源	性能やミスユースによる影響は無い

### 3.3.2. 特定されたハザードのリスク見積り

#### (1) 安全目標及び安全状態

各危険事象についてハザード分析およびリスクアセスメントの結果から安全設計の目標として、安全目標（SG；Safety Goal、以下、「SG」という）、安全状態（SS；Safe State、以下、「SS」という）を定めた。表 3-9 に結果を示す。SG は 3.3.1(2)ハザード分析で特定した急加速、急減速、操舵失陥などの「各ハザードを防止すること」とし、ASIL「中」または「高」を配置した。加速不良については ASIL 無しのため SG、SS を定めていない。

また、SG 達成の考え方を「バス路線走行中に自動運転システムに故障が発生した場合、即座に減速し同一車線上に安全に停止する。」とし、SS は「安全に減速し停車する」とした。

SG、SS に関して、2021 年度と 2022 年度で差分が有り、2022 年度安全設計の評価で確認する内容の一部である。

尚、ひたち BRT のレベル 4 では、専用道で一般車が走っていない環境のため、SG を「同一車線上に安全に停止」としたが、本来レベル 4 の SS としては、一般道を含めて走行する環境や MRM 等を検討の上、定義する必要があると考える。

表 3-9 安全目標と安全状態の例

安全目標（SG）			安全状態（SS）
SG No.	内容	ASIL	
SG1	バス路線を走行中に車線逸脱に至る操舵失陥を防止する。	高	安全に減速し、停車する。
SG2	バス路線を走行中に車線逸脱に至るセルフステアを防止する。	高	安全に減速し、停車する。
SG3	加速不良の SG は無	無	加速不良の SS は無
SG4	バス路線を走行中に危害に至る急加速を防止する。	高	安全に減速し、停車する。
SG5	バス路線を走行中に危害に至る急減速を防止する。	中	安全に減速し、停車する。
SG6	バス路線を走行中に危害に至る制動失陥を防止する。	高	安全に減速し、停車する。

#### (2) 機能レベルの安全方策の実装

アイテム定義の機能ブロック図の中で故障するとハザードが発生し、SG を侵害する可能性のある IF を特定し、故障を検出して SS に遷移させるために「主系の故障を検出した場合、主系を停止し冗長系で停車する」ことを基本とした安全方策を適用した。また、仮ではあるが、乗員に故障の発生を告知するための警告機能の方策も適用した。表 3-10

に各 IF に対する安全方策を定義した機能レベルの安全要求（Functional Safety Requirement、以下、「FSR」という）を示す。IF-11（ブレーキ）、IF-12（パワートレイン）、IF-13（ステアリング）は車両システムのアクチュエータなので対象から除外した。また、表中で ID のみ記載された項目は検討段階で削除された FSR であり、トレーサビリティを確保するため削除せずに残している。

表 3-10 機能安全要求（FSR）の定義

対象機能	ID	配置先ブロック名	機能安全要求	ASIL
IF-1：車両状態検知	FSR-1-1	車両状態検知故障診断	車両状態検知の故障を検知し、故障を検知した場合はMRMを実施し、減速するとともに警告表示を行うこと。	D
IF-2：周辺状態検知	FSR-2-1	周辺状態検知故障診断	周辺状態検知の故障を検知し、故障を検知した場合はMRMを実施し、減速するとともに警告表示を行うこと。	D
IF-3：自己位置検知	FSR-3-1	自己位置検知故障診断	自己位置検知の故障を検知し、故障を検知した場合はMRMを実施し、減速するとともに警告表示を行うこと。	D
IF-4：障害物認識	FSR-4-1	障害物認識故障診断	障害物認識の故障を検知し、故障を検知した場合はMRMを実施し、減速するとともに警告表示を行うこと。	D
IF-5：自己位置推定	FSR-5-1	自己位置推定故障診断	自己位置推定の故障を検知し、故障を検知した場合は冗長系によりMRMを実施し、減速するとともに警告表示を行うこと。	D
	FSR-5-2	冗長自己位置推定	自己位置推定の故障を検知時にMRMを実施するために冗長自己位置推定機能を設けること。	D
	FSR-5-3	冗長自己位置推定故障診断	冗長自己位置推定の故障を検知し、故障を検知した場合は主系によりMRMを実施し、警告表示を行うこと。	D
IF-6：目標算出	FSR-6-1	目標算出故障診断	目標算出の故障を検知し、故障を検知した場合は冗長系によりMRMを実施し、減速するとともに警告表示を行うこと。	D
	FSR-6-2	冗長目標算出	目標算出の故障を検知時にMRMを実施するために冗長目標算出機能を設けること。	D
	FSR-6-3	冗長目標算出故障診断	冗長目標算出の故障を検知し、故障を検知した場合は主系によりMRMを実施し、警告表示を行うこと。	D
IF-7：システム制御	FSR-7-1	システム制御故障診断	システム制御の故障を検知し、故障を検知した場合は冗長系によりMRMを実施し、減速するとともに警告表示を行うこと。	D
	FSR-7-2	冗長システム制御	システム制御の故障を検知時にMRMを実施するために冗長システム制御機能を設けること。	D
	FSR-7-3	冗長システム制御故障診断	冗長システム制御の故障を検知し、故障を検知した場合は主系によりMRMを実施し、警告表示を行うこと。	D
IF-8：加減速制御	FSR-8-1	加減速制御故障診断	加減速制御の故障を検知し、故障を検知した場合は冗長系によりMRMを実施し、減速するとともに警告表示を行うこと。	D
	FSR-8-2	冗長加減速制御	加減速制御の故障を検知した時にMRMを実施するために冗長加減速制御機能を設けること。	D
	FSR-8-3	ブレーキ制御切替	加減速制御の故障を検知した場合、ブレーキへの制御出力を冗長系に切り替えること。	D
	FSR-8-4	パワートレイン制御切替	加減速制御の故障を検知した場合、パワートレインへの制御出力を冗長系に切り替えること。	D
	FSR-8-5	ブレーキ制御切替故障診断	ブレーキ制御切替の故障を検知し、故障を検知した場合は主系の出力を遮断して冗長系の出力に切り替え、警告表示を行うこと。	D
	FSR-8-6	パワートレイン制御切替故障診断	パワートレイン制御切替の故障を検知し、故障を検知した場合は主系の出力を遮断して冗長系の出力に切り替え、警告表示を行うこと。	D
	FSR-8-7	冗長加減速制御故障診断	冗長加減速制御の故障を検知し、故障を検知した場合は主系によりMRMを実施し、警告表示を行うこと。	D
IF-9：操舵制御	FSR-9-1	操舵制御故障診断	操舵制御の故障を検知し、故障を検知した場合は冗長系によりMRMを実施し、減速するとともに警告表示を行うこと。	D
	FSR-9-2	冗長操舵制御	操舵制御の故障を検知した時にMRMを実施するために冗長操舵制御機能を設けること。	D
	FSR-9-3	操舵制御切替	操舵制御の故障を検知した場合、ステアリングへの制御出力を冗長系に切り替えること。	D
	FSR-9-4	操舵制御切替故障診断	操舵制御切替の故障を検知し、故障を検知した場合は主系の出力を遮断して冗長系の出力に切り替え、警告表示を行うこと。	D
	FSR-9-5	冗長操舵制御故障診断	冗長操舵制御の故障を検知し、故障を検知した場合は主系によりMRMを実施し、警告表示を行うこと。	D
IF-10：警告灯/作動灯/方向指示灯	—	—	—	—
IF-11：ブレーキ	—	—	—	—
IF-12：パワートレイン	—	—	—	—
IF-13：ステアリング	—	—	—	—
IF-14：電源	FSR-14-1	電源故障診断	電源の故障（電圧低下）を検知し、故障を検知した場合はMRMを実施し、警告表示を行うこと。	—

図 3-15 に定義した FSR を配置した機能レベルのブロック図を示す。図中 FSR の ID が付いたものが新たに追加された安全機構のブロックである。IF の故障を検出して安全状態に移行する機能、IF の故障検出結果（図中“A”の信号）に従い警告表示又はMRMを行う機能、IF が機能を継続できない場合のバックアップとなる冗長系機能、冗長系の故障を検出して安全状態に移行する機能、及び冗長系の故障検出結果（図中“B”の信号）に従い、警告表示又はMRMを行う機能が追加された。

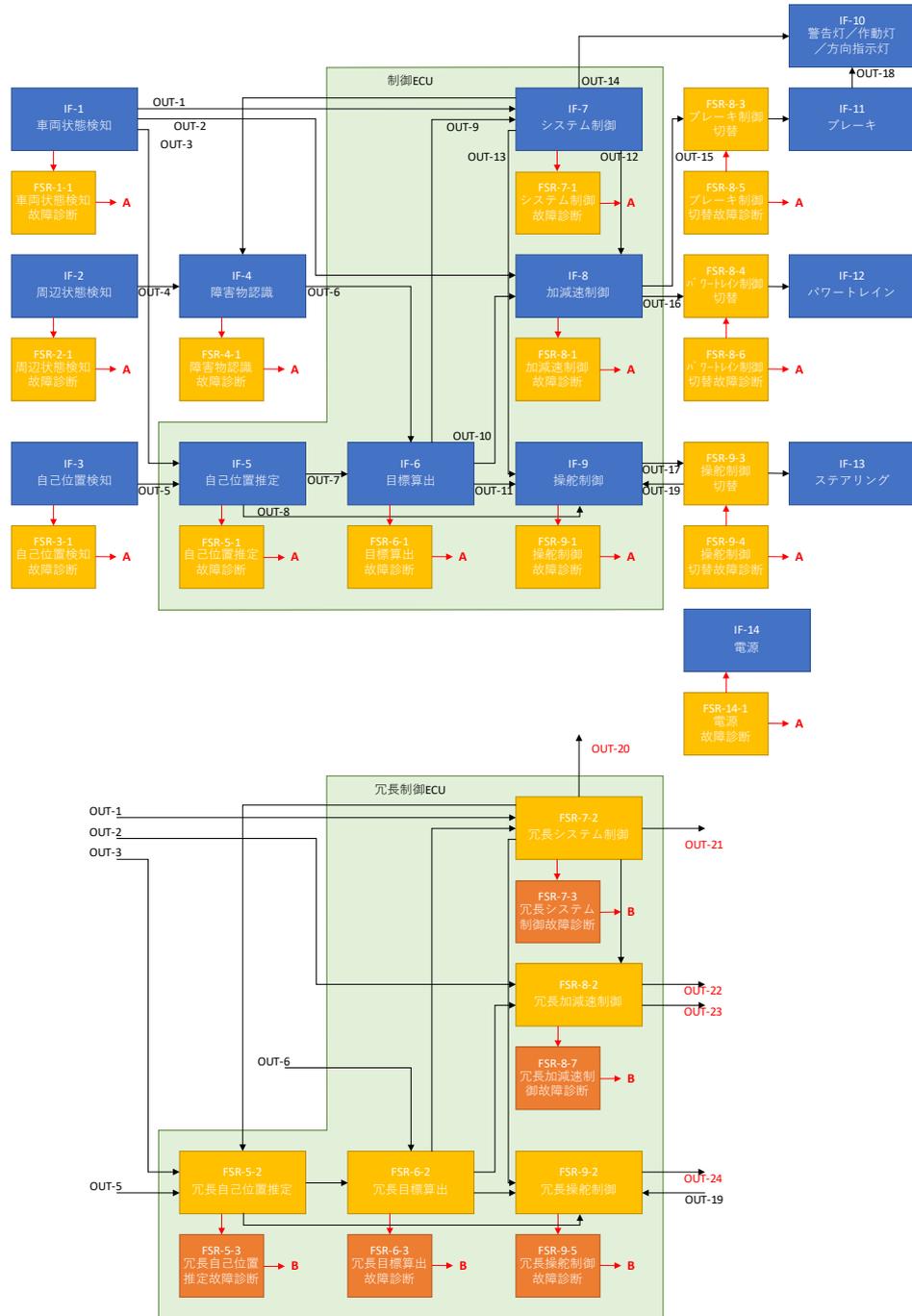


図 3-15 機能ブロック図

### (3) 技術レベルの安全方策の実装

FSR で定義された安全方策を実装するための技術レベルの安全要求（Technical Safety Requirement、以下、「TSR」という）を定義し、事前に想定したアーキテクチャに TSR を実装した、表 3-11 に TSR の定義（一部抜粋）、図 3-16 に TSR を実装したアーキテクチャを示す。

表 3-11 技術安全要求 (TSR) の定義 (抜粋)

対象機能	ID	配置先ブロック名	ASIL	ID	技術安全要求	配置先エレメン
IF-1: 車両状態検知	FSR-1-1	車両状態検知故障診断	D	TSR-1-1-1	車速センサの車速情報と車輪センサの車速情報を比較し、故障を検知したらMRMを行い警告を表示する。	制御ECU
IF-2: 周辺状態検知	FSR-2-1	周辺状態検知故障診断	D	TSR-2-1-1	LiDARからの認識情報未受信によりLiDARの故障を検知し、制御ECUに伝える。	認識PC
			D	TSR-2-1-2	カメラの自己診断を行いエラーコード (CPU異常、RAM異常、通信異常) を認識PCに伝える。	カメラ
			D	TSR-2-1-3	カメラからの認識情報未受信又はエラーコード受信によりカメラの故障を検知し、制御ECUに伝える。	認識PC
			D	TSR-2-1-4	レーダの自己診断を行いエラーコード (CPU異常、RAM異常、通信異常) を認識PCに伝える。	レーダ
			D	TSR-2-1-5	レーダからの認識情報未受信又はエラーコード受信によりレーダの故障を検知し、制御ECUに伝える。	認識PC
			D	TSR-2-1-6	認識PCからLiDAR、カメラ、レーダの故障が伝えられたらMRMを行い警告を表示する。	制御ECU
IF-3: 自己位置検知	FSR-3-1	自己位置検知故障診断	D	TSR-3-1-1	GNSSからの通信データ途絶によりGNSSの故障を検知する。	制御ECU
			D	TSR-3-1-2	IMUからの出力急変によりIMU故障を検知する。	制御ECU
			D	TSR-3-1-3	GMPSの通信異常を検知したら制御ECUに伝える。	GMPS
			D	TSR-3-1-4	GMPSの自己診断を行い結果を制御ECUに伝える。	GMPS
			D	TSR-3-1-5	GMPSからの通信異常又は自己診断異常受信によりGMPSの故障を検知する。	制御ECU
			D	TSR-3-1-6	GNSS、IMU、GMPSから2つ以上の情報が得られなくなった場合はMRMを行い警告を表示する。	制御ECU
IF-4: 障害物認識	FSR-4-1	障害物認識故障診断	D	TSR-4-1-1	認識PCの故障を検知し、制御ECUに伝える。	認識PC
			D	TSR-4-1-2	認識PCの故障が伝えられたらMRMを行い警告を表示する。	制御ECU
			B	TSR-4-1-3	電源オン起動時に認識PCの自己診断を行い、診断結果を制御ECUに伝える。	認識PC
			B	TSR-4-1-4	認識PCの自己診断結果がエラーの場合は、警告を表示して走行を開始しないこと。	制御ECU
IF-5: 自己位置推定	FSR-5-1	自己位置推定故障診断	D	TSR-5-1-1	LSDCによる演算比較を行い、故障を検知したら冗長制御ECUに伝える。	制御ECU
			D	TSR-5-1-2	制御ECUからLSDCによる故障検知を受信した場合はMRMを行い警告を表示する。	冗長制御ECU
			D	TSR-5-1-3	制御ECUとの宿題回答を行い、制御ECUの故障を検知したらMRMを行い警告を表示する。	冗長制御ECU
	FSR-5-2	冗長自己位置推定	D	TSR-5-2-1	IF-5 (自己位置推定) と同じ処理を常時実施すること。	冗長制御ECU
	FSR-5-3	冗長自己位置推定故障診断	D	TSR-5-3-1	LSDCによる演算比較を行い、故障を検知したら制御ECUに伝える。	冗長制御ECU
			D	TSR-5-3-2	冗長制御ECUからLSDCによる故障検知を受信した場合はMRMを行い警告を表示する。	制御ECU
			D	TSR-5-3-3	冗長制御ECUとの宿題回答を行い、冗長制御ECUの故障を検知したらMRMを行い警告を表示する。	制御ECU
	IF-6: 目標算出	FSR-6-1	目標算出故障診断	D	TSR-6-1-1	(TSR-5-1-1と共通)
D				TSR-6-1-2	(TSR-5-1-2と共通)	冗長制御ECU
D				TSR-6-1-3	(TSR-5-1-3と共通)	冗長制御ECU
FSR-6-2		冗長目標算出	D	TSR-6-2-1	IF-6 (目標算出) と同じ処理を常時実施すること。	冗長制御ECU
FSR-6-3		冗長目標算出故障診断	D	TSR-6-3-1	(TSR-5-3-1と共通)	冗長制御ECU
			D	TSR-6-3-2	(TSR-5-3-2と共通)	制御ECU
			D	TSR-6-3-3	(TSR-5-3-3と共通)	制御ECU
	D		TSR-6-3-3	(TSR-5-3-3と共通)	制御ECU	

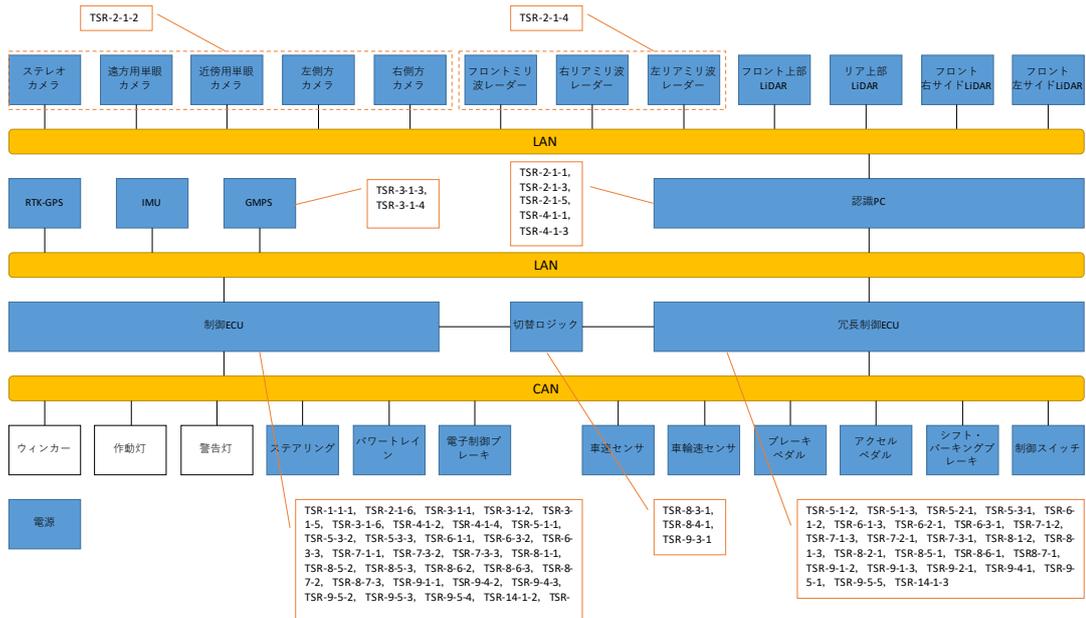


図 3-16 安全方策実装後のシステムアーキテクチャ

(4) 実装された安全方策の評価（設計検証）

導出した安全方策の適切性を検証するために、TSR仕様、システムアーキテクチャ設計、状態遷移図等の設計資料の検証レビュー、およびシステムアーキテクチャに対するFTA（Fault Tree Analysis）による安全分析を実施した。

1) 安全方策適用前

図 3-17～図 3-23 に、安全方策適用前の FTA による安全分析結果を示す。安全目標を侵害する故障（シングルポイント故障）が、検知、認識、判断、操作、電源系のブロック毎に存在することが判る。

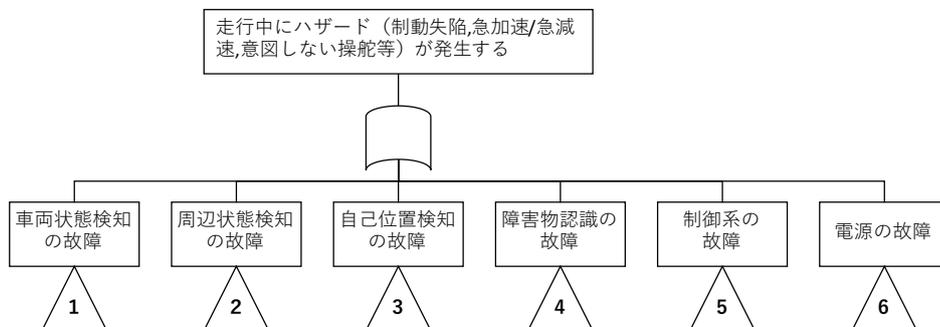


図 3-17 安全設計前の安全分析結果（システム全体）

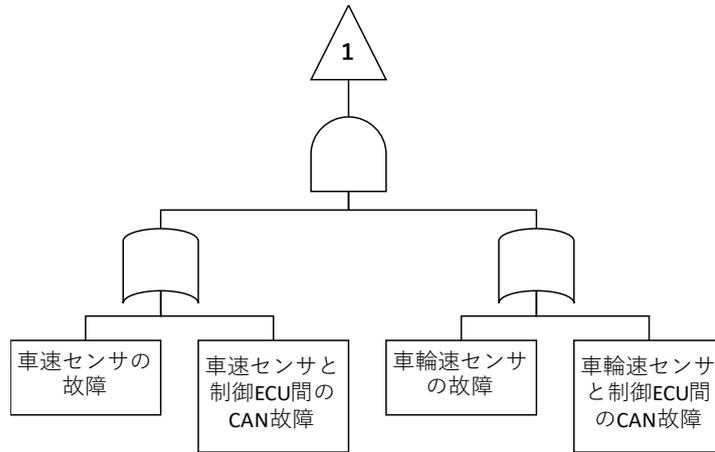


図 3-18 安全設計前の安全分析結果（車両状態検知）

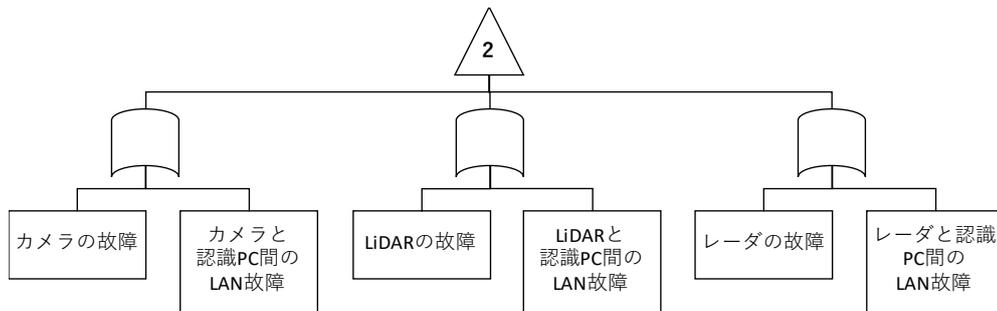


図 3-19 安全設計前の安全分析結果（周辺状態検知）

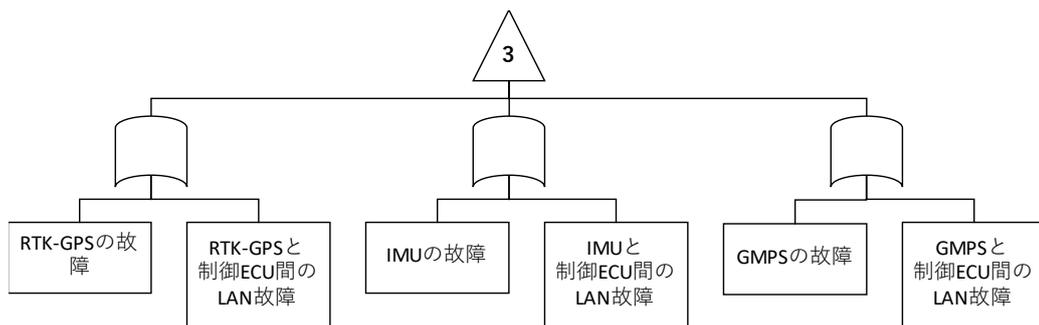


図 3-20 安全設計前の安全分析結果（自己位置検知）

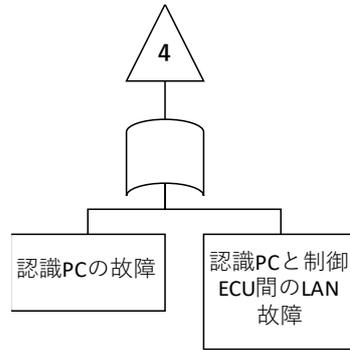


図 3-21 安全設計前の安全分析結果（障害物認識）



図 3-22 安全設計前の安全分析結果（制御系）



図 3-23 安全設計前の安全分析結果（電源）

## 2) 安全方策適用後

図 3-24～図 3-29 に、安全方策適用後の FTA による安全分析結果を示す。TSR で定義された安全機構が各ブロックに配置されたことにより、シングルポイント故障が複数の独立した故障の組み合わせによって安全目標を侵害する故障（マルチプルポイント故障）に変わったことが判る。また、図中の“（Latent）”と記された TSR で故障検出機構の故障（レイテント故障）を検出する安全方策が適用されており、故障が潜在化しないための対策も考慮されている。以上により安全性が高まったことが FTA により論証された。

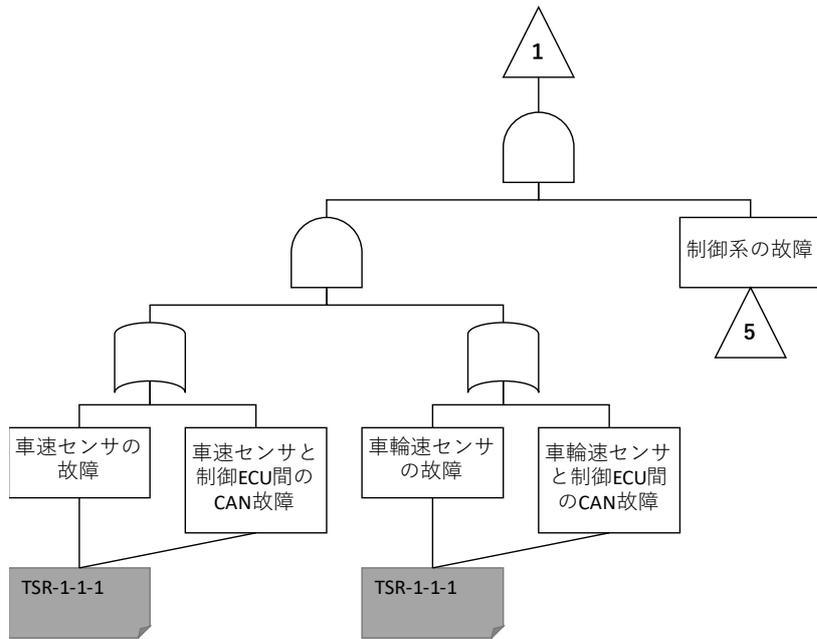


図 3-24 安全設計後の安全分析結果（車両状態検知）

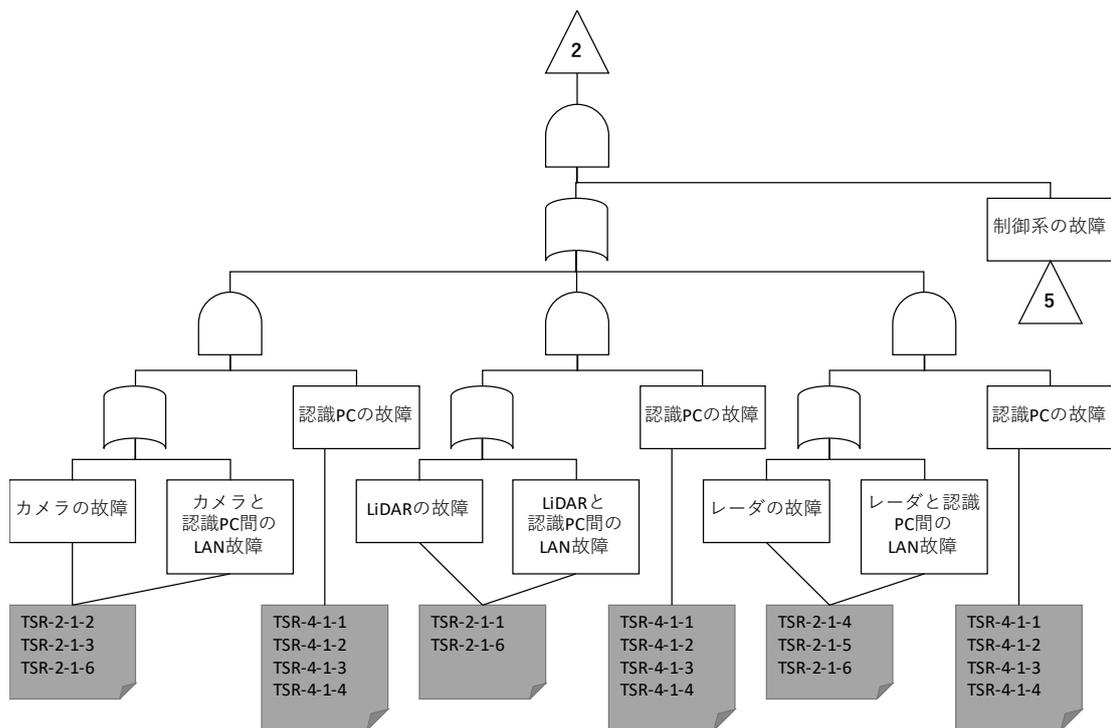


図 3-25 安全設計後の安全分析結果（周辺状態検知）

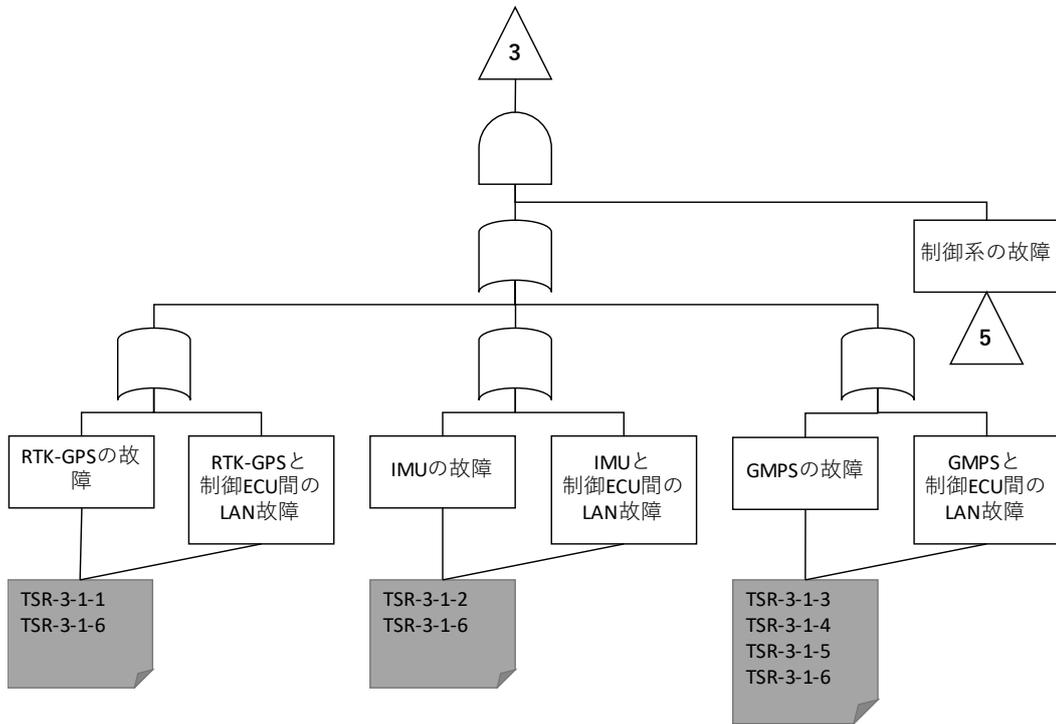


図 3-26 安全設計後の安全分析結果（自己位置検知）

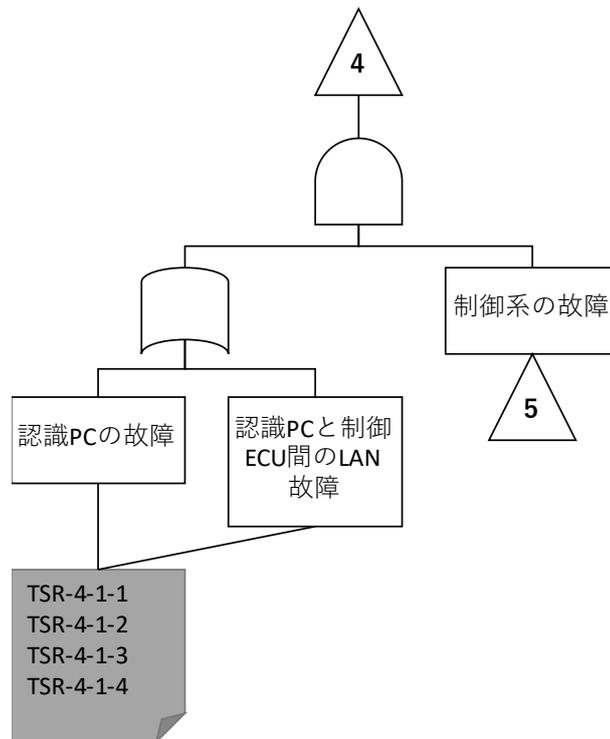


図 3-27 安全設計後の安全分析結果（障害物認識）

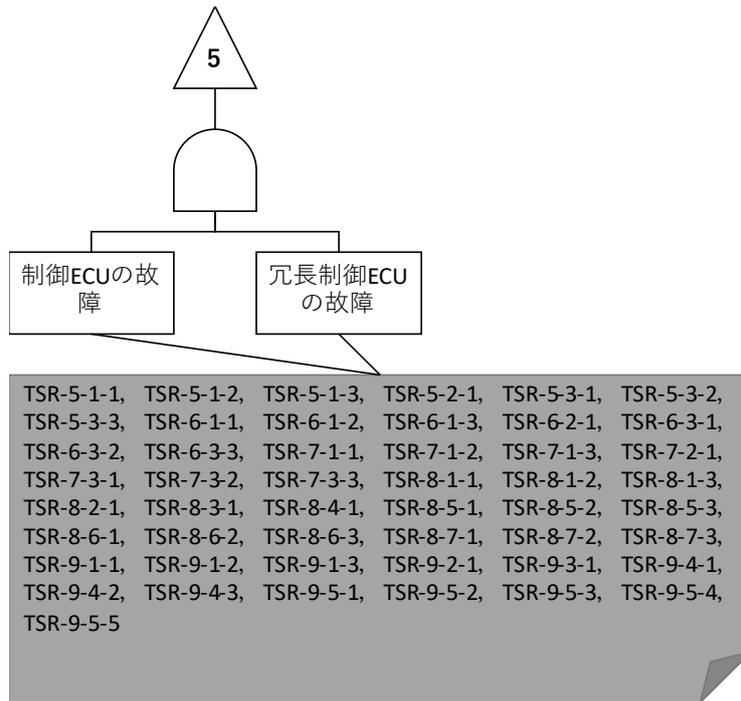


図 3-28 安全設計後の安全分析結果（制御系）

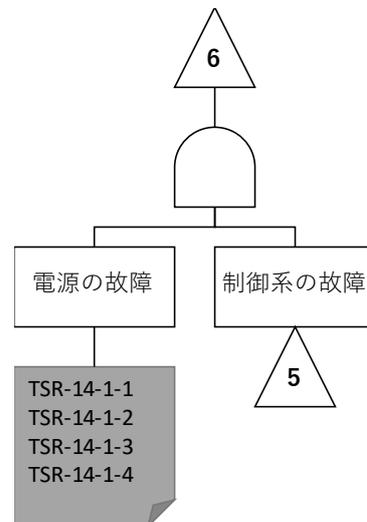


図 3-29 安全設計後の安全分析結果（電源）

(5) 設計検証により見つかった課題

2022年度の故障に対する安全設計における設計検証で、安全方策が適切に実装されていることが確認できた。一方、2021年度の課題であった認識用PCの故障検出機能の故障（レイテント故障）への対策をしたものの一部不十分なことが判明し、2023年度の課題である。

### 3.3.3. 機能の不十分性及びミスユースに伴う安全方策の定義

意図した機能の安全性 (SOTIF) への考え方について検討した内容を以下に示す。

#### (1) 安全方策の実装

意図した機能及びその実装が危険な振舞いの原因にならないように、SOTIF の考え方に基づき、多様な環境での環境認知性能、システムのロバスト性などを考慮した基本性能の設計が行われた。3.3.1(4)で識別した危険な事象も含めて、機能の不十分性やミスユースに伴うリスクを軽減するために定義された安全方策の考え方を表 3-12 に示す。詳細な設計内容や機能の十分性の根拠は、第4章「車両開発」の「車両システム開発」項を参照のこと。

表 3-12 SOTIF 安全方策の方針

ID	機能名	安全方策の方針
IF-1	車両状態検知	・アンチロックブレーキシステム (ABS) との連携制御により、タイヤが空転していないか確認する。
IF-2	周辺状態検知	・運行前点検及び運行中の定期点検により、障害物の有無を確認する。 ・法規に準じた照度設定とする。 ・センサフュージョンによる物標認識を基本とし、認識できないときは停車する。 ・運行前点検によりセンサへの付着物が無いことを確認する。
IF-3	自己位置検知	・自己位置推定により対策。
IF-4	障害物認識	—
IF-5	自己位置推定	・歩道橋部分では磁気ネイルで自己位置を推定する。 ・磁気ネイル及びGNSS情報が得られない場合は、IMUで自己位置推定を行う。 ・複数磁気ネイルを読み取ることで自己位置推定を行う。
IF-6	目標算出	—
IF-7	システム制御	・制御スイッチ押下だけでは制御開始せず、その他複数条件を設定して全てOKとなった場合のみ制御開始とする。
IF-8	加減速制御	特に対応せず
IF-9	操舵制御	・速度に応じた許容舵角内で舵角制御を行う。
IF-10	警告灯/作動灯/方向指示灯	—
IF-11	ブレーキ (外部システム)	—
IF-12	パワートレイン (外部システム)	—
IF-13	ステアリング (外部システム)	—
IF-14	電源	—

## (2) 実装された安全方策の評価（設計検証）

基本設計についてレビューを行った結果、機能の不十分性やミスユースについての考慮が行われていることが確認できた。一方で、主に信号灯色認識、信号無し交差点通過時における走行制御、歩行者脇通過などで、乗務員アシストが発生しており、認識性能、自動走行制御アルゴリズムの点で、課題があることが判った。設計検証としては適切性が認められたが、これらを実車で検証する際に考慮すべき点について表 3-13 に整理した。

表 3-13 SOTIF 安全方策の評価

ID	機能名	検証項目
IF-1	車両状態検知	・濡れた路面、凍った路面で、タイヤの空転を検知できるか確認する。
IF-2	周辺状態検知	・規定サイズ以下の障害物を検知できるかを確認する。 ・法規に準じた条件で物標認識できるかを確認する。 ・濃霧条件でセンサ性能を評価し、停車条件を確認する。 ・付着物（降雪含む）でセンサ性能を評価し、停車条件を確認する。
IF-3	自己位置検知	—
IF-4	障害物認識	—
IF-5	自己位置推定	・GNSS、磁気ネイル信号をロストした場合、代替信号に切り替えて自己位置推定を継続できることを確認する。 ・切替前後の位置偏差（x, y, yaw）により車線逸脱しないようにスムーズに切り替わることを確認する。 ・
IF-6	目標算出	—
IF-7	システム制御	・複数条件を満たしたうえで制御を開始し、条件を満たさない場合は制御を開始しないことを確認する。
IF-8	加減速制御	・設定した速度プロファイルで走行することを確認する。
IF-9	操舵制御	・設定した操舵プロファイルで走行することを確認する。
IF-10	警告灯／作動灯／方向指示灯	—
IF-11	ブレーキ（外部システム）	—
IF-12	パワートレイン（外部システム）	—
IF-13	ステアリング（外部システム）	—
IF-14	電源	—

## (3) 設計検証により見つかった課題

認識ロジック、自動走行制御アルゴリズムにおいて主に周辺状態検知、障害物認識、システム制御で課題があることが判明した。レベル 4 走行のためには、自動走行システムにおける周辺環境認識性能の向上など改善が必要である。

### 3.3.4. 実装された安全設計の評価（テストによる検証）

第 4 章「車両開発」の「車両システム開発」項を参照のこと。

### 3.3.5. 運行シナリオに応じたセーフティアセスメント手法の定義

ひたち BRT 専用道における運行シナリオに応じたセーフティアセスメント手法について、実環境における走行動画解析手法、および、信号灯色認識に影響を与える太陽位置の検討手法の2つについて検討した結果を以下に示す。

#### (1) 実環境における走行動画解析手法

第三者が自動運転車両のアセスメントを行う場合、センサ種類、センサ検知方式、検知アルゴリズムなど詳細な情報を基に行う方法以外に、詳細な設計情報を必要とせず車両走行状態を直接観測して確認する方法がある。前者は主に設計段階に開発者から設計に関する様々な資料の提供を受けて実施する場合に適しており、後者は自動運転車両が完成し実環境での走行可能な段階で実施するのに適している。

ここでは、R4 年度現地実証実験の一つとして、車両走行状態を動画に収め、第三者が車両走行状態やシステム動作状態を直接観測する方法に取り組んだ内容を以下に示す。

R4 年度現地実証実験中に、ひたち BRT 自動運転バスにカメラ 4 台を設置し、実走行環境で検証した方法について図 3-30 に示す。

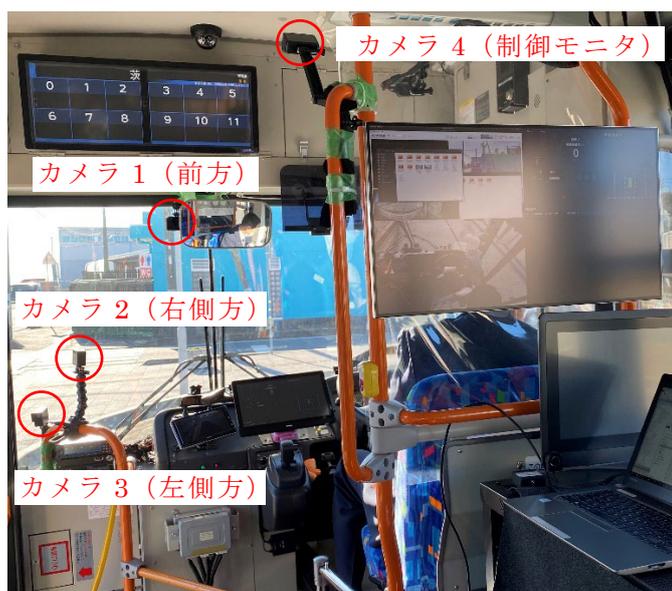


図 3-30 カメラ設置位置

自動運転走行区間（河原子 BRT→南部図書館）の 5 往復を録画し（動画総時間 4 時間 49 分）、全区間の動画を以下ポイントで確認し、走行シーンを抽出した。

- ドライバによる操作介入（操舵、ブレーキ、アクセル）
- 実際の交通信号灯色と制御モニタ（信号検知状態）の差異、表示遅れ
- 実際の BRT 信号灯色と制御モニタ（信号検知状態）の差異、表示遅れ
- 実際の交差車両有無と制御モニタ（障害物検知状態）の差異、表示遅れ

- 並走歩道、横断歩道、緑の横断帯における実際の歩行者の有無と制御モニタ（障害物検知状態）の差異、表示遅れ
- 誤進入防止用のBRTバゲート接近時の動作状態確認、作動遅れ
- 交差点での他交通参加者（車両、自転車、歩行者）のリアクション（一時停止継続、急ブレーキなど）
- 停留所での停止／発進状態確認（もたつき、遅れなど）

図 3-31 に走行動画から抽出したシーン抽出結果（103 シーン抽出）の一部と、図 3-32 に動画シーン抽出例を示す。

これら抽出結果をもとに、自動運転開発者での詳細なログデータなどの解析を実施し、設計段階での確認では発見できなかったいくつかのソフトウェアバグやパラメータの設定ミスが判明した。

この結果から実環境における走行動画解析手法は、短時間で効率的に総合的なチェックとして様々な問題点を抽出できることが確認できた。

優先度	録画開始時間	基ファイル	抽出位置 mm:ss	/録画	目安JST(実時間 +0分～+1分)	方向	動画ファイル名	内容（ハッチングは操作介入発生）
S	2023/2/21 10:05	02 GX010015.MP4	19:40	/32:41	10:24:40	南行（河原子一 南部図書館）	20230221_68_大堤北_左寄 り走行.mp4	大堤駅ロータリー手前で左側に寄っているルートをとったためドライバがハンドル介入。以降、大堤駅ロータリーまでハンドル操作は手動。
S	2023/2/21 14:44	05 GX010018.MP4	26:40	/31:51	15:10:40	南行（河原子一 南部図書館）	20230221_88_どうのいり公 園_操舵制御.mp4	どうのいり公園を発車する際、右側に操舵して走路に違むところで、なぜか一度左に操舵が入る。
S	2023/2/20 16:12	03 GX010013.MP4	04:12	/32:14	16:16:12	南行（河原子一 南部図書館）	20230220_26_機坪交差点_ ブレーキ介入.mp4	機坪交差点で一時停止し、その後、発出し位置に進む際に右側交差道路からトラックが向かってきた。発出し位置手前で、ドライバの視界にトラックが入った時点でブレーキ介入。
A	2023/2/21 9:18	01 GX010014.MP4	01:51	/32:14	9:19:51	北行（南部図書館→河原子）	20230221_45_日立商業下交 差点_発進せず.mp4	日立商業下交差点で赤信号待ちを待っていて、赤一青に信号が変わって、表示器も青になっているが発進せず。ドライバが乗降完了ボタンと思われるものを押して復帰したように見えた。
B	2023/2/20 16:12	03 GX010013.MP4	13:40	/33:06	16:25:40	南行（河原子一 南部図書館）	20230220_34_水木交差点_ バゲート揺れ.mp4	この場所だけではないが、強風の日はかなりバゲートが揺れており、かつ、今回、認識用垂れ幕を追加したことで、余計に揺れているように思われる。

図 3-31 シーン抽出結果（一部を抜粋）



図 3-32 シーン抽出例：交差車両検出遅れによるブレーキ介入シーン

(2) 信号灯色認識に影響を与える太陽位置の検討手法

今年度の実証実験において、太陽光の影響により信号灯色認識率が低下することが報告された。本来このような課題は設計段階・設計評価段階で十分な確認が行われるべきであるが、今後の再発防止の観点で対応方法を検討した。

太陽の位置は、自動運転走行区間、太陽軌道と信号位置、走行スケジュール（年月日・時間）で事前に知ることができる。信号灯色の判定を行う車載カメラには、検出画面角 Field Of View（以下、FOV という）があり、垂直 FOV、水平 FOV があり検出できる範囲が決まる。また、信号の位置・方向は固定である。

よって、概念的には図 3-33 に示すような範囲の検討を計算で知ることができる。

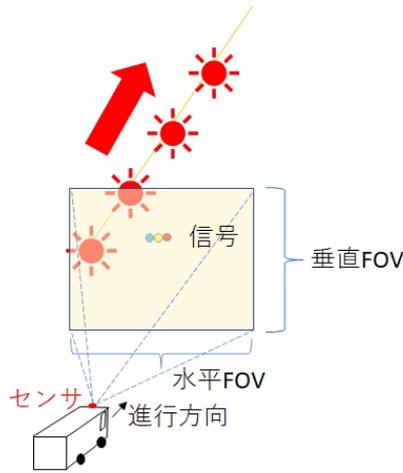


図 3-33 イメージセンサの FOV と信号・太陽軌道の関係

以下に、計算に必要な値やデータ類について示す。

1) 太陽軌道データのパラメータ (図 3-34)

- $x_{sun}$  : 抽出した走行シーンの自転車位置<sup>1</sup> (太陽の観測位置)
- $h_t$  : 時刻 $t$ における における 太陽高度 (仰角) 太陽高度 (仰角) 太陽高度 (仰角)
- $A_t$  : 時刻 $t$ における太陽の方位角 (真北方向を $0^\circ$ 、時計回りを正、時計回りを正、時計回りを正とする)

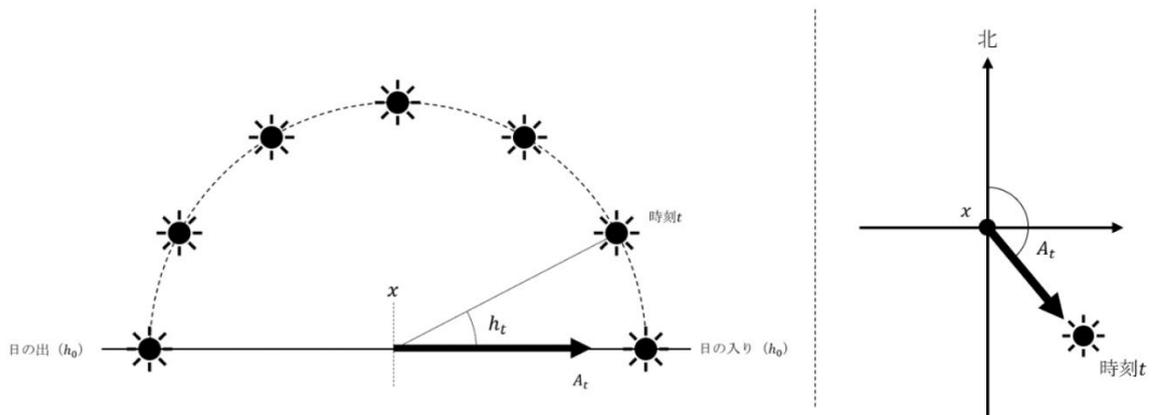


図 3-34 太陽軌道データのパラメータ

<sup>1</sup> 国土地理院「1 測量の一般事項に関する Q&A 緯度、経度への変換方法」参照 <https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/xy2blf.html>

<sup>2</sup> 生活や実務に役立つ計算サイト「太陽高度 (一日の変化)」参照 <https://keisan.casio.jp/exec/system/1185781259>

2) 信号機データ (図 3-35)

- $x_{sig}$  : 信号機の座標 (信号機表面中央)
- $h_{sig}$  : 信号機の高さ (地表 から  $x_{sig}$  まで )
- $\theta_{sig}$  : 信号機の向き (真北方向 を  $0^\circ$ 、時計回りを正とする)

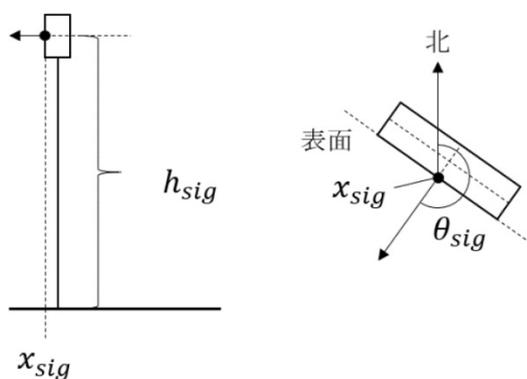


図 3-35 信号機データのパラメータ

ひたち BRT 専用道区間に設置された 2 か所の座標については、2021 年度に作成した「ひたち BRT MMS データビューア」により得られる。日立商業下交差点の信号機を図 3-36 に示し、水木交差点の信号機を図 3-37 に示す。

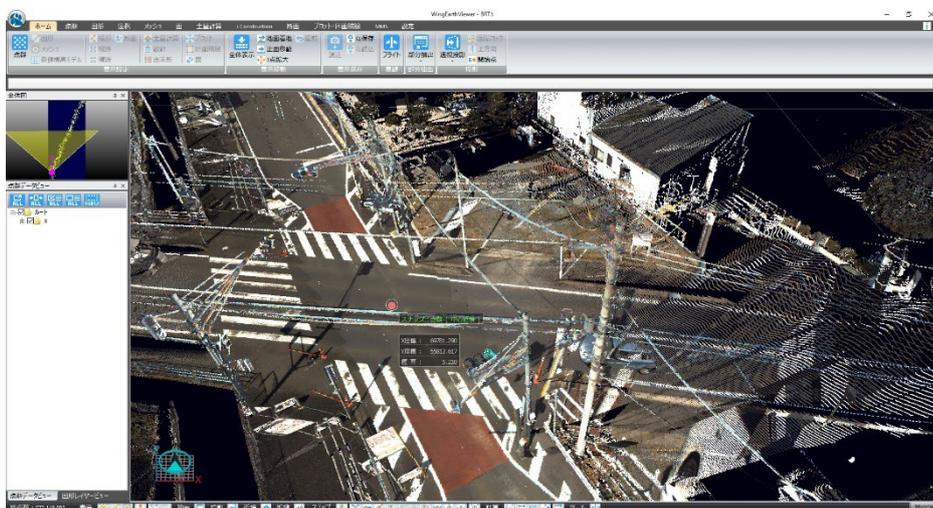


図 3-36 日立商業下交差点の信号機

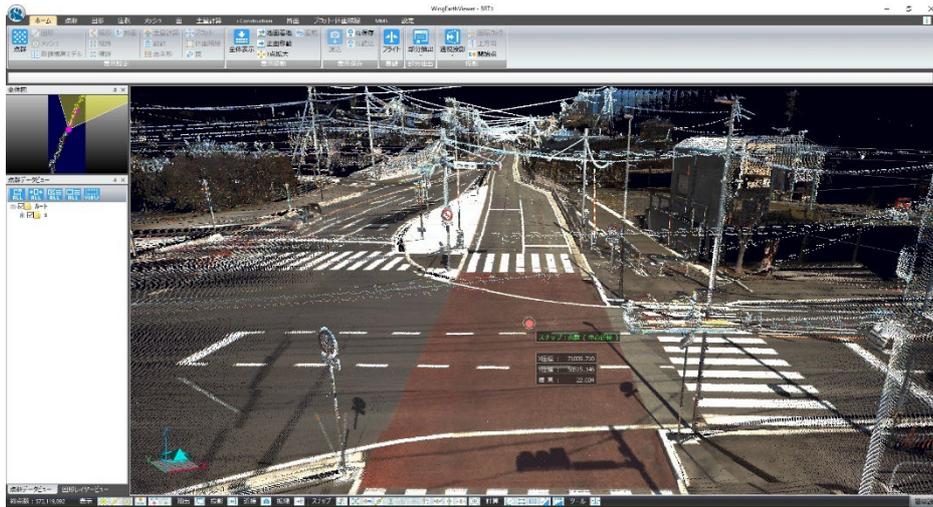


図 3-37 水木交差点の信号機

3) カメラデータ (図 3-38)

- $x$  : カメラの座標
- $d$  : 水平方向から見たカメラの向き (真北方向を $0^\circ$ 、時計回りを正とする)
- $h_{cam}$  : 地上高
- $\theta_{camH}$  : 車載カメラの水平画角 (水平FOV)
- $\theta_{camV}$  : 車載カメラの垂直画角 (垂直FOV)
- $l_{max}$  : 信号機を識別可能な最大距離

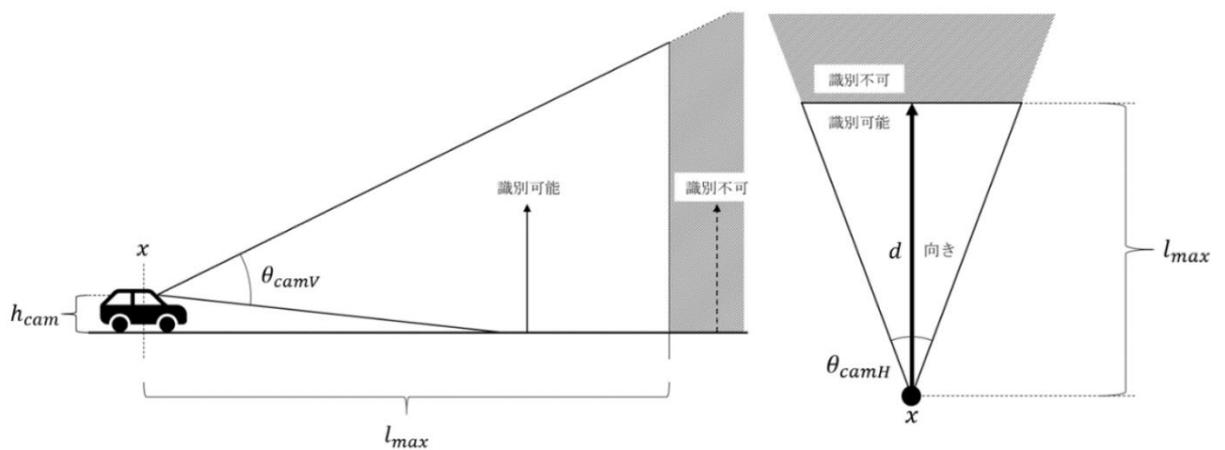


図 3-38 カメラデータのパラメータ

信号機の位置とカメラ FOV および識別可能な最大距離との関係を図 3-39 に示す。

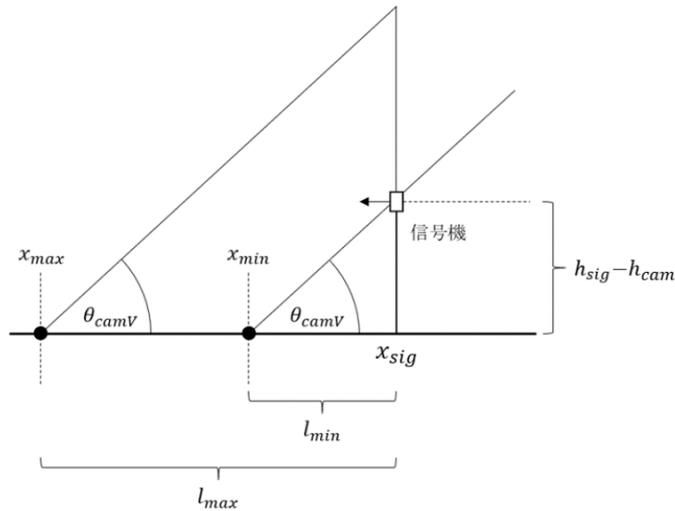


図 3-39 信号機を視認可能な範囲

信号機を車載カメラの垂直 FOV 内に収められる最短距離  $l_{min}$  を車載カメラの位置と信号機の地表から信号の点灯部までによって構成される直角三角形を想定した場合、以下の式で表される。

$$l_{min} = \frac{h_{sig} - h_{cam}}{\tan \theta_{camV}} \quad (1)$$

これにより、信号機を認識できる車載カメラの位置から信号機までの距離  $l$  は、以下の条件式で表される。

$$l_{min} \leq l \leq l_{max} \quad (2)$$

画角内となる太陽高度条件は、車載カメラの位置  $x$  において、車載カメラ画角から垂直方向に太陽が見切れる（車載カメラから見た太陽の位置が画角上端と重なる）太陽高度  $h_{max}$  は、カメラから見た太陽高度とカメラの画角が等しい場合、つまり  $h_{max} = \theta_{camV}$  である場合と考えられる。また、車載カメラの画角から水平方向に太陽が見切れる（車載カメラから見た太陽の位置が画角の左右境界と重なる）太陽方位  $A_{max}$  は、カメラから見た太陽方位との画角が等しい場合、つまり  $A_{max} = d \pm \theta_{camH}$  である場合と考えられる。これらを表したものが図 3-40 である。（フレアとは、太陽のような強い光がカメラに入り、画像の一部や全体が白くなる現象である。ここで言う、順光フレア範囲とは、太陽光がカメラの画角内に直接入り、認識に問題が出る可能性がある範囲を示している。よって、その範囲で必ずフレアが発生するという意味ではないことを付け加えておく。）

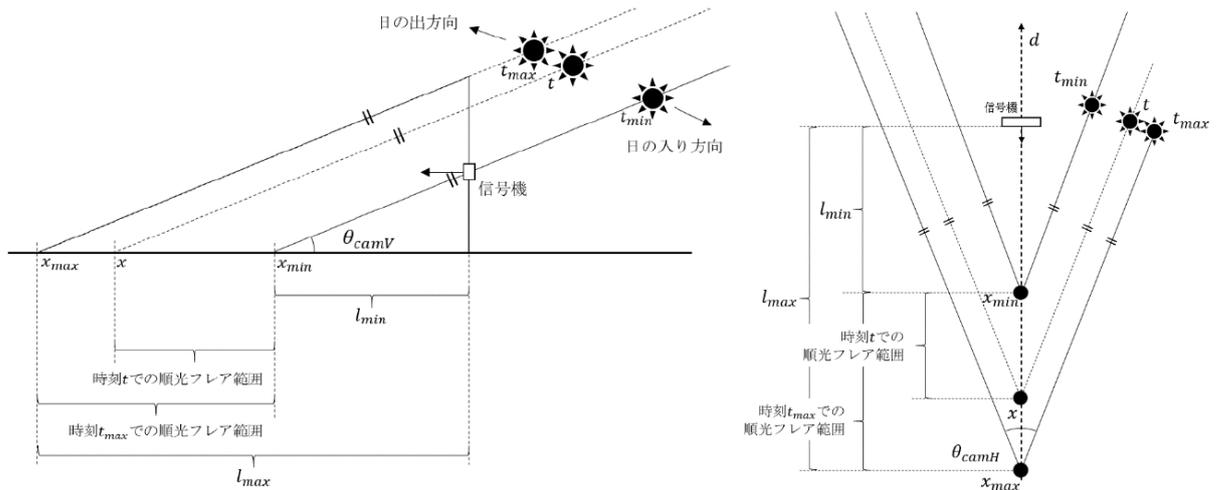


図 3-40 順光フレア範囲

2022 年度はあくまで概念的に計算が可能であるという検討のみにとどまったが、ひたち BRT 専用道区間のみならず他地域でも活用できるように、必要なパラメータを入力するだけでフレア発生の可能性を示す時間帯と場所を算出できる汎用ツール作成を検討していく必要がある。

### 3.3.6. 評価結果に基づく考察

自動走行システムに故障および性能限界が生じて人への危害を生じさせないためにも、自動車機能安全規格 (ISO 26262) の考え方や意図した機能の安全性 (SOTIF, ISO 21448) に基づいて安全設計を行い故障および性能限界検出時、安全に減速し停車するための自動走行システムの機能冗長化などの安全方策を適用し、障害物および歩行者認識ロジック追加や、制御アルゴリズムのアップデート、電源の冗長化などが実施されていることが確認できた。一方、R4 年度現地実証実験において、信号灯色認識、信号無し交差点での走行制御、歩行者協通過走行制御などで、安全設計の一部不十分な点が判明し、周辺環境認識性能改善や、制御アルゴリズムなど、追加で安全設計を検討する必要があることがわかった。

これらの評価を通じ、設計時の検証 (verification) および実車による評価を適切に行うことで、安全性を検証できることが確認でき、自動車機能安全規格 (ISO 26262) や自動車の ISO 21448 に基づく評価 (検証) の考え方がセーフティアセスメント手法の一つとして有効であることが論証された。

今後の課題としては、自動運転レベル 4 の安全設計の適切性を評価するための考え方、手法について、整理を検討し、効率よい安全性評価手法の更なる検討が必要と考える。

### 3.3.7. セーフティアセスメントに活用できるチェックリストの例

2022年度のセーフティアセスメント（評価）活動を通じて、活用できるチェックリストの例を作成した。表 3-14 に抜粋を示す。

表 3-14 チェックリストの例（抜粋）

#	チェック項目	チェックの観点	チェック結果	備考
1		アイテムレベルの影響分析		
2		影響分析が正確及び完全に変更を識別し、機能安全への変更の影響を評価できているかどうかを判断する。		
3		ハザード分析及びリスクアセスメント		
4		HARAの結果及び使用した手法に説得力があり論理的根拠によって支援されるかどうか、及び、安全目標がASILの付いた全ての危険事象をカバーするかどうかを、以下の1～6に基づいて判断する。		
5	1	運用状況の選択が適切であること、及び選択された運用状況の詳細レベルがASILの不当な低下につながっていないことを確実にするために、状況分析の評価		
6	2	定義された危険事象が適切であること、及び状況分析及びハザード識別が正しく行われていることを確実にするために、ハザード識別の評価。		
7	3	論理的根拠を確実にするために、決定したE,C,Sパラメータの理論的根拠の評価		
8	4	想定の見落としや無効化が無いことを確実にするために、HARAにおける想定（意図した使用、車両の背景、及び外部方策等）が明確に文書化されたかどうかの評価。		
9	5	組織での一貫したリスクアセスメントを確実にするために、アイテム間の同等な危険事象の一貫性の評価。		
10	6	安全目標の組合せが識別された全ての危険事象の不合理なリスクを下げるかどうかの評価。		
11		機能安全コンセプト		
12		機能安全要求が事前のアーキテクチャを考慮して安全目標に準拠することの十分で説得力がある証拠を機能安全コンセプトが提供するかどうかを、以下の1～8に基づいて判断する。		
13	1	機能安全コンセプトの理解を確実にするために、機能安全コンセプトの実現可能性の評価。		
14	2	機能安全要求の有効性及び完全性の信頼性を確実にするために、事前のアーキテクチャのエレメントに対する安全分析及び従属故障の分析の結果を考慮した機能安全コンセプトの適切性の評価。		
15	3	安全機構がフォールトを十分にカバーすることを確実にするために、仕様化された安全機構の適切性の評価。		
16	4	故障の適切な緩和を確実にするために、仕様化された安全機構がフォールトに適切に反応するかどうかの評価。		
17	5	縮退モードの適切な関係及びコントロールロジックを確実にするために、関係者の振舞いを開始するための警告と縮退の戦略の評価。		
18	6	ASILデコンポジションの妥当性の評価。		
19	7	想定の見落とし又は無効化がないことを確実にするために、機能安全コンセプトで行われた想定（例えば車両の背景）が明示的に文書化されるかどうかの評価。		
20	8	機能安全要求が見落とされないと確実にするために、事前のアーキテクチャ想定のエレメント又は外部方策への機能安全要求の配置の完全性の評価。		

### 3.4. ひたち BRT における簡易な仮想環境構築

自動運転移動サービスの開発プロセスは以下の通りと考えられる（図 3.4）。

## ◆自動運転移動サービスの開発プロセス



図 3-41 自動運転移動サービスの開発プロセス

はじめに、地域の移動の需要や課題を把握し、ソリューションとしてどのようなサービスを提供するかを定義する。次に、それらに則って車両を選定し、現地の走行環境を調査し危険な箇所をピックアップした上で走行方法を決定し、走行制御システムを設計・実装する。更に、評価として、センサや制御方法の機能の検証のプロセスがある。並行して、地域住民に向けた社会受容性醸成のプロセスがあり、両者が相まって、社会実装へと至ることになる。

このプロセスの中で、仮想環境の活用が有効なのは、「設計・評価」と、「社会受容性醸成」、この2つのプロセスである。

設計評価では、実車での公道走行評価の代替となる検証を目的に、オブジェクトの特性、位置、サイズなどを精緻に模擬する、つまり、搭載されたカメラ・LiDAR・レーダなどの様々なセンサにとって高いリアリティを感じられる仮想環境の構築が行われており、SIP-adus 事業での DIVP プロジェクトや自動車メーカー各社で開発されている仮想環境が挙げられる。例えば、DIVP プロジェクトでは、環境モデルは高精細な 3D 地図や、物体（構造物や車両、歩行者等）表面の電磁波反射特性を、実験計測に基づき再現している。また、センサモデルではセンサ検出原理に基づき物理現象をモデル化し、精密に再現している。さらにセンサの不調要因に関する情報をプロジェクトメンバーで一元化し、これを再現できるようなモデル化を実施している。このため、リアル環境における実験評価と代替可能な実現象との一致性の高い仮想化モデルが開発出来ており、様々な交通環境下で再現性の高い安全性評価を実施可能である。しかし、モデル開発や仮想環境を作成するツールである仮想環境シミュレータ（以下、「シミュレータ」という）に非常に多くの費用、工数がかかり、また高度なシミュレータの知識が必要となるデメリットもある。その他の既存シミュレータについても、同様に多くの費用や高い知識を必要とする。

一方で、社会受容性醸成に用いる仮想環境は、関係者間で走行イメージを共有し安全

走行方策の妥当性を確認・理解することを目的に、利用者視点からの視覚情報を再現する、つまり人間の眼にとってリアリティを感じられる画像的な仮想環境が求められる。そこでは、人間が注視するシーンのリアル性が重要であり、人間の注視への関与が低い部分は優先度が低いため、例えば、自車両と周りのクルマ・人の動き・相対位置の再現は高度に保ちつつ、それ以外は既存の地図などを利用することが可能であると考えられる。特に、無人自動運転移動サービスは限定空間を走行するため、仮想環境は、簡易で短い開発期間で対応可能なものが求められる。そこで無人自動運転移動サービスに用いる仮想環境では、必要な機能に限定しかつモデルも簡素化することで費用を低減し、高度な知識も不要な仮想環境（以降「簡易な仮想環境」と呼ぶ）を構築する。さらにこの仮想環境を社会受容性醸成のみならず、開発プロセス全体で活用することで採算性を向上させることを検討する。

本節では、「簡易な仮想環境」を活用できる用途を昨年度実施した「利活用のアイデア抽出」を基に検討し、これらに必要な機能を、昨年度作成したひたち BRT における「簡易な仮想環境」に追加／改良する。また、関係者やひたち BRT モニタ乗車参加者にヒアリングし有効性を検討する。

#### 3.4.1. 簡易な仮想環境の用途検討

上記で記述した「社会受容性醸成」以外の「簡易な仮想環境」の用途を検討した結果、次の3つの用途が挙げられた。これらの用途にも「簡易な仮想環境」を用いることでコストパフォーマンスを向上させ、「簡易な仮想環境」導入を促進できると考える。これらの用途も踏まえ、次節で記述している改良を実施した。

##### (1) コンセプト立案（コース選定／安全方針決定等）

サービス事業者において、無人自動運転移動サービスのコンセプト立案時の安全方針決定に活用する用途がある。現地に行かずとも危険場所等を共有することができる。

##### (2) 安全性検証

安全性の検証を目的として、車両開発者、サービス事業者、関係省庁の間で、走行／危険シナリオと走行方法を検証する際のツールとして活用する用途がある。従来の検証場面では、書面での説明や現場の写真、イラストなどを用いている。これに対し、「簡易な仮想環境」で作成した危険シナリオなどの動画（以降「動く仕様書」と呼ぶ）で説明することで、容易に正しく理解できるメリットがある。

##### (3) 教育等

サービス事業者において、乗務員への教育を目的に、危険箇所や死角について現地に行かずに視覚的に共有する用途がある。また、現地警察署など主催の交通安全教室などにも使用できる。

### 3.4.2. 簡易な仮想環境の改良

上記用途での使用も踏まえ、2022年度は2021年度に作成した「簡易な仮想環境」の改良とVR視聴ツールの作成を実施した。

#### (1) 「簡易な仮想環境」の変更／改良点

##### 1) シナリオ

##### (A) 車両のシナリオ制御

無人自動運転バスとその周辺車両の移動パターンを、シナリオで設定・制御できる機能である。車両の加減速を設定できる機能の追加と、交通参加者としてバス1台、普通車3台、トラック1台に変更した（図3-42参照）。



図 3-42 シナリオ制御可能な車両モデル

## (B) 歩行者のシナリオ制御

無人自動運転バス周辺の交通参加者の移動パターン（経路や速度）をシナリオで設定、制御できる機能である。交通参加者として歩行者 4 人、自転車 1 台に変更した（図 3-43 参照）。



図 3-43 シナリオ制御可能な歩行者モデル

## 2) オブジェクト

障害物となり得るオブジェクトの設置および出現／消滅を制御できる機能を追加した。4 種類（箱 1 種、静止車両 3 種）のオブジェクトを最大 5 個まで、出現位置・向き・出現時間・消滅時間についてシナリオで制御できる（図 3-44 参照）。



図 3-44 静止物（箱、静止車両）

## 3) 視点

### (A) 定点視点

仮想環境内の定点カメラとして設定できる。図 3-45 に示す鳥瞰視点も含まれる。下記 (B) も含めて最大 10 か所設定できるように変更した。



図 3-45 鳥瞰視点例

(B) バス固定視点

バスに固定したセンサとして設定し、カメラシステムや LiDAR 設置位置や設置台数の検討ができる (図 3-46 参照)。画角や搭載角度等の詳細設定ができるように変更した。

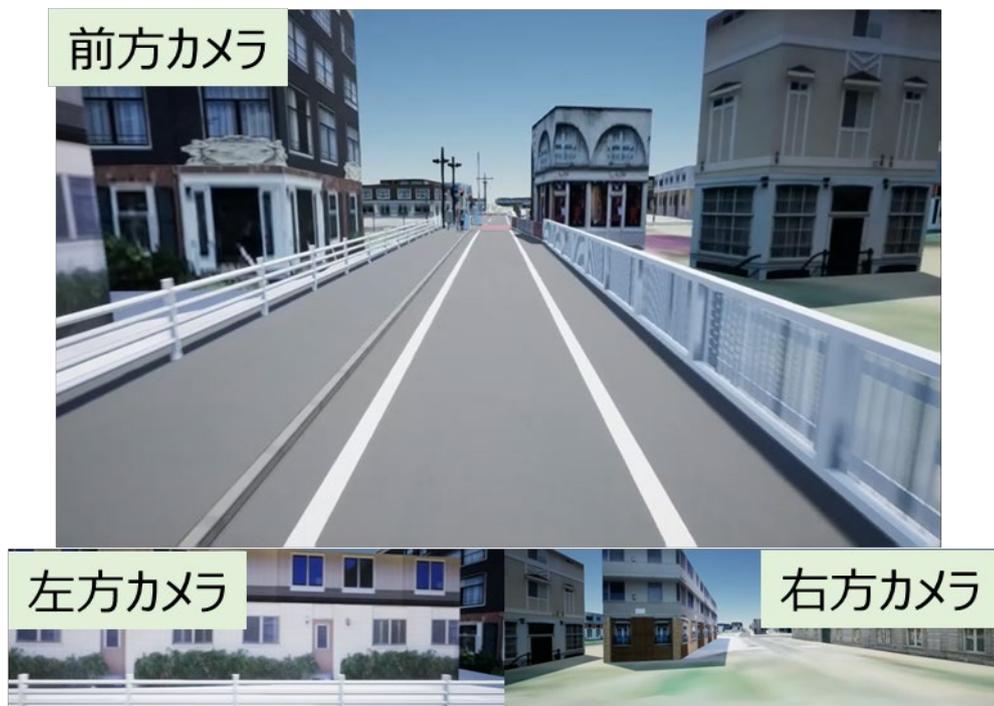


図 3-46 バス固定視点 (上 : 前方視点、左下 : 左方視点、右下 : 右方視点)

(C) 自由視点

シナリオ実行中に自由にカメラを移動させることができ、あらゆる角度からのシナリオの理解や検討ができる視点を追加した。

(D) 歩行者視点

シナリオ設定にて動かせる歩行者の視点として設定できる視点を追加した。(図 3-47 参照)

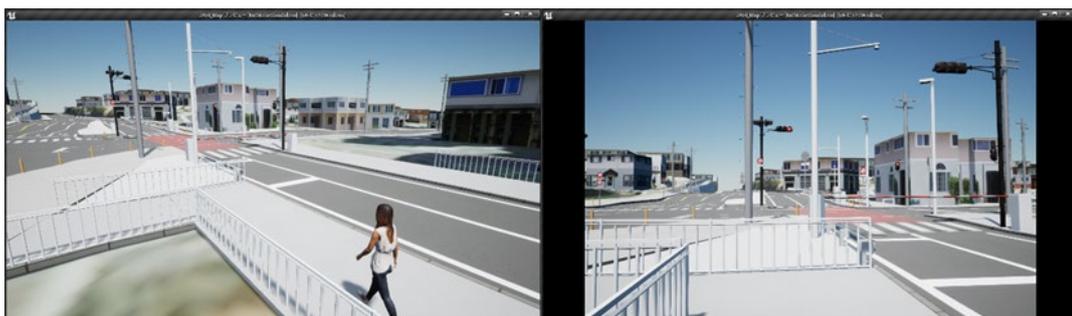


図 3-47 歩行者（左図）からの視点（右図）

4) 画面表示

(A) カメラ検出範囲表示

カメラの設置位置や設置台数を検討するため、カメラで検出可能な範囲を可視化する機能であり、以下の仕様に変更した。基本表示（図 3-48）では、四角錐台の形状でカメラの画角範囲を仮想環境上で可視化できる。詳細表示（図 3-49）では、可視範囲と死角範囲を区別した表示が可能である。



図 3-48 カメラ検出範囲の基本表示



図 3-49 カメラ検出範囲の詳細表示

(B) LiDAR 検出範囲表示

LiDAR の設置位置や設置台数を検討するため、LiDAR の検出可能範囲を可視化する機能であり、以下の仕様に変更した。基本表示（図 3-50）では、垂直の扇形を水平方向に回転した形状で LiDAR センサの検出範囲を可視化できる。詳細表示（図 3-51）では、FOV（Field of View）と解像度に応じたレーザーを線で可視化し、可視範囲と死角範囲を区別した表示が可能である。

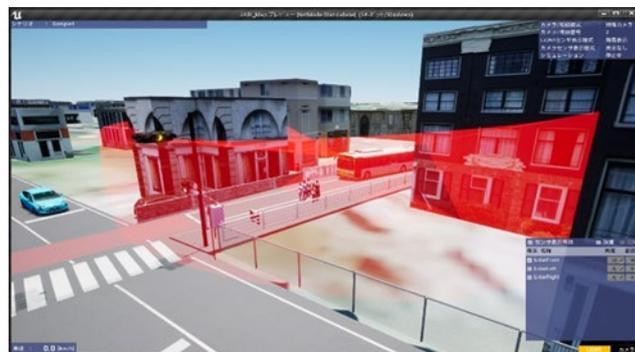


図 3-50 LiDAR 検出範囲の基本表示



図 3-51 LiDAR 検出範囲の詳細表示

(C) バス車速表示

車速を目視しながら安全かつ実用的な運行速度を検討するため、シミュレーション中の画面に自動運転走行バスの車速を表示する機能を追加した（図 3-52 参照）。



図 3-52 バス車速表示例（左下）

5) 衝突時間表示／ログ出力

(A) 自動運転バス一車両間の衝突時間表示

自動運転バス一車両間の衝突時間とは、現時点での速度が走路に沿って続くと仮定したときに衝突するまでの時間として定義する。衝突時間を定量的に可視化することで効率的に安全対策を検討するため、衝突位置に衝突時間を色分けで表示する機能を追加した。（図 3-53 参照）

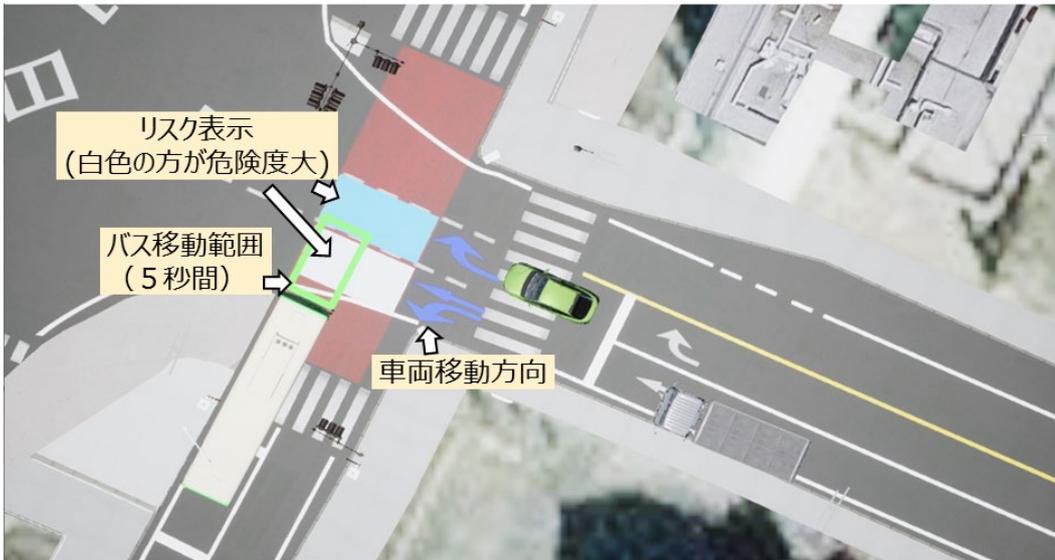


図 3-53 自動運転バスと車両が交差する範囲の衝突時間表示

(B) 自動運転バス—歩行者間のリスク表示

自動運転バス—歩行者間の衝突時間とは、現時点での自動運転速度が走路に沿って続き、歩行者は自由に動く（最大速度は定義する）と仮定したときに衝突するまでの時間として定義する。自由に動くとは向きを急に変わったり立ち止まることを含む。衝突時間を定量的に可視化することで効率的に安全対策を検討するため、衝突位置に衝突時間を色分けで表示する機能を追加した。（図 3-54 参照）



図 3-54 バスと衝突する可能性のある歩行者の衝突時間表示

(C) ログ出力

シナリオ実行結果の衝突時間を定量的に解析するため、自動運転バス、その他車両、

歩行者の速度や位置などを時系列で csv ファイルに出力する機能を追加した。(図 3-55 参照)

#SceneNo	ScenarioF	RiskSeco	BusRiskAr	PedRiskSr	PedHighTi	VehicleHighTime[sec]					
1	LogTest	3	5	2	0.5	0.5					
#Seconds[	Target	TargetSpe	CurrentSp	Location(x)	Location(y)	Location(z)	Risk[%]	Estimated	Estimated	EstimatedCollision	Location(y)
0	CarGreen	2.777778	0	7894.879	96513.08	313.6146	-	-	-	-	
0	CarBlue	6.111111	0	8882.343	93753.83	255.4033	-	-	-	-	
0	people0	2	0	5690	91570	363.2528	-	-	-	-	
0	people4	2	0	4560.208	92220.04	346.1291	-	-	-	-	

図 3-55 ログ出力例

## 6) 危険シーン

2022 年度に、ひたち BRT 専用道区間における危険シーンとして、信号が有る交差点 1 か所を選定し、仮想環境を作成した。これによりひたち BRT 専用道区間の 13 分類 (3.1.1(2)3 参照) 全てを再現可能である。信号のある交差点シーン例を図 3-56 に示した。



図 3-56 信号のある交差点シーン

## (2) VR 視聴ツールの作成

VR ゴーグルを使用し危険シーンなどを立体視出来る VR 視聴ツールを作成した (図 3-57 参照)。「簡易な仮想環境」で作成した 3D モデルデータを基に VR 視聴ツールを

作成しシナリオを再現する。この VR 視聴ツールでは首を左右に振ることで映像でも左右が見えるようになる。



図 3-57 VR 視聴ツール（上：シーン例、下：VR ゴーグル）

### 3.4.3. 危険シナリオの作成

上記改良を実施した「簡易な仮想環境」を用い、以下の危険シナリオを作成した。この危険シナリオを次節で述べるヒアリング／体験会で使用した。

#### (1) 信号のない交差点通過

ひたち BRT の磯坪交差点をモデルに、無人自動運転バスの交差点の停止線停止、鼻出し位置での停止および交差道路の車両通過（左右 1 台ずつ）を再現した（図 3-58 参照）。

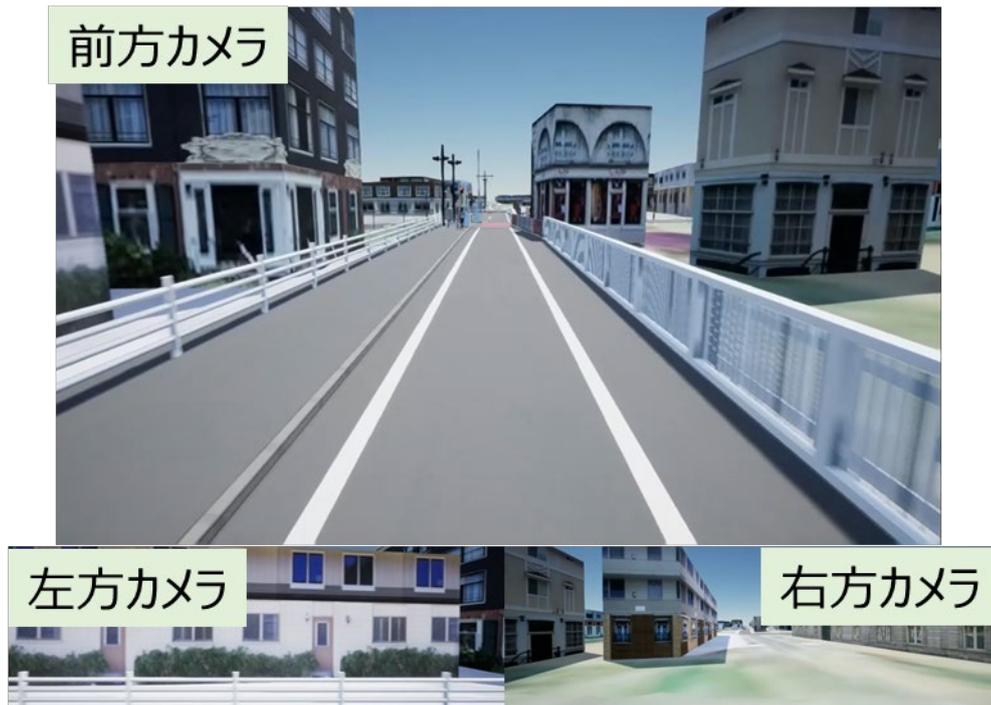


図 3-58 危険シナリオ例（信号のない交差点）

(2) 横断信号待ち歩行者脇通過

ひたち BRT の大沼団地バス停付近をモデルに、無人自動運転バスの緑の歩道での停止および歩行者の横断を再現した（図 3-59 参照）。



図 3-59 危険シナリオ例（横断信号待ち歩行者脇通過）

(3) 歩行者脇通過

ひたち BRT の単路をモデルに、歩道上の歩行者脇を無人自動運転バスが通過する場面を再現した（図 3-60 参照）。



図 3-60 危険シナリオ例（歩行者脇通過）

#### 3.4.4. ヒアリング／体験会

##### (1) 関係者へのヒアリング

「簡易な仮想環境」の使い方や有効性について関係者へヒアリングを実施した。その結果を以下に示す。使い方の提案を得ることができ、有効性を確認することが出来た。

<運行事業者等>

- ・危険シーン、交通状況などの説明に有効と考える
- ・付近の小学校の交通安全教室での使用や運転手への教育も検討したい

<自動運転開発者等>

- ・安全評価時などでの危険シナリオの共有に有効と考える。ただしシナリオの検討が必要

##### (2) JARI シンポジウムでの講演

「自動運転移動サービスの安全性検討と社会受容促進における仮想化技術の活用」と題して、JARI シンポジウムにて「簡易な仮想環境」の背景や目的、概要について一般聴講者に対してデモ動画も含めて講演した。コメントとして「社会受容性の醸成に有効である」等があった。

##### (3) モニタ乗車参加者への体験会

無人自動運転移動サービスの安全性と事業性の両立を図るために、事業者側と利用者

側の合理的な合意形成が必要である。この際、実車による説明では再現できるシーンに制限があり、また書類などによる説明では容易に正しく理解してもらうのは困難である。そこで「簡易な仮想環境」を用いて直感的で分かりやすい説明を実施することを提案した。本体験会を実施し、歩行者横や交差点を通過するシーンを、当事者（歩行者／周辺車両）、バスの視点で体験してもらうことでツールの改善点を探ること、および走行方法の安全性やスムーズさについて、感想や意見を得ることで社会受容性の向上に繋げることを目的とする。

#### 1) 体験者

ひたち BRT モニタ乗車参加者の中の希望者が、以下のデモを体験した。

#### 2) 再現シーン

3.4.3 項で述べた危険シナリオの中から交差車両との安全性の観点から「無信号交差点の通過」を、歩行者との安全性の観点から「横断信号待ち歩行者脇通過」を選定した。

#### 3) 再現方法

表示装置として液晶ディスプレイとヘッドマウント（VR ゴーグル）を用いた。

#### 4) 結果

参加者は総勢 11 名（内訳は 20 代～50 代、男性 9 名＋女性 2 名）であり、感想や意見など、35 件のコメントがあり、すべて好意的な内容であった（1 件、シミュレーション酔いへの配慮要望を含む）。以下に主なコメントを記す。

##### <VR 再現シーンや機能に関するご要望>

歩行者の対象に子供や高齢者を含めて欲しい

自動運転バスの機能を分かりやすく説明して欲しい

自動運転と手動運転の違いが分かるシーン、交通量や天候／明るさなどが異なるシーン、自動運転が苦手なシーン、減速 G が感じられる機能などの追加

##### <用途の提案>

ドライバ教育などにも使ったらどうか

##### <感想など>

自動運転の振る舞いがよくわかる、バスに乗っていない人に説明するのもよい

#### 5) 課題

上記要望に対応するための各シーン／シナリオの検討と作成、機能改善（使いやすさ・見やすさ等）、教育など新たな用途への適用検討などの課題がある。

### 3.4.5. まとめ

(1) 「簡易な仮想環境」の用途として無人自動運転移動サービスのコンセプト立案時の安全方針決定や、危険シナリオなどの「動く仕様書」を用いた安全性の検証、危険箇所や死角などに対する乗務員への教育などを検討した。

(2) 上記用途を基に「簡易な仮想環境」について、シナリオやオブジェクトの機能追加、視点の追加、画面表示の改良を実施し、VR 視聴ツールを作成することで分かりや

すい「動く仕様書」の作成を可能とした。

- (3) ヒアリングや体験会に使用するため、信号のない交差点と横断信号待ち歩行者協通過等の危険シナリオについて VR 視聴ツールを用いて作成した。
- (4) 上記危険シナリオを用いてヒアリングや体験会を実施し、「簡易な仮想環境」の有効性を確認し、再現シーンや機能に関する改善点や課題を得た。

#### 3.4.6. 課題

- (1) ヒアリング／体験会にて挙げた課題の解決のため、「簡易な仮想環境」を改良していく必要がある。
- (2) ひたち BRT レベル 4 の、緑ナンバー取得プロセスにおける実用性を検証するため、許認可申請資料の中に「動く仕様書」として織り込み、安全走行の説明材料として活用する方法を検討する必要がある。
- (3) 「簡易な仮想環境」の用途を拡大するため、実用化プロセスやビジネスモデルなどの具体化検討を実施していく必要がある。

### 3.5. ひたち BRT 自動運転車両の認識性能評価

2021 年度の自動運転バスから側方検知性能を向上するため左右カメラの追加が行われたため、検知性能に関する基礎評価を実施した。

#### 3.5.1. 評価に用いた自動運転バス

R4 年度現地実証実験に向けた検知性能確認に用いた自動運転バスを図 3-61 に示す。

2021 年度に評価した車両から BRT 信号検知カメラ、周辺検知カメラ、後方検知カメラが追加され、信号認識カメラおよび側方 LiDAR が更新されている。

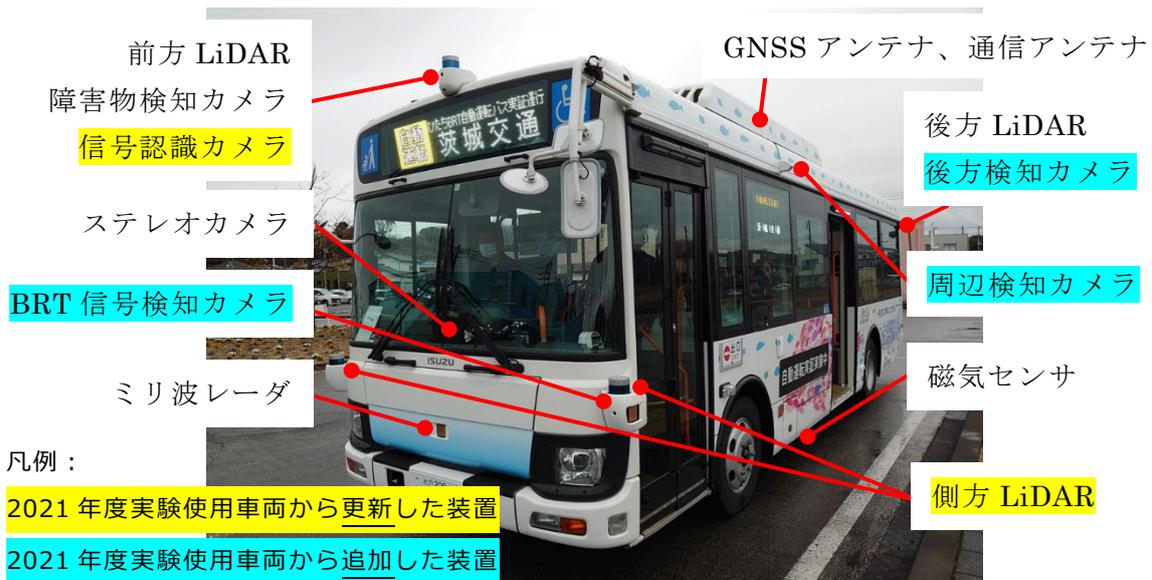


図 3-61 R4 年度現地実証実験用自動運転バス

### 3.5.2. R4 年度現地実証実験に向けた検知性能評価法開発と検知性能確認

ひたち BRT 専用道区間 13 種（表 3-15）において、検出対象となる歩行者、自転車、車両に対し、あらゆる方向の検知状態が確認できるよう網羅性（表 3-16）をチェックし評価法開発を行うと同時に、これら評価法を用いて R4 年度現地実証実験で走行する自動運転バスの検知性能について事前に確認を実施した。

表 3-15 ひたち BRT 専用道の 13 分類

類型 No	分類の観点			対象区間の例	
	走路の専用度合い	バス動作の観点	交通参加者の関与の可能性度合い		
1	専用道	専用区間端点		河原子入口、大甕駅ロータリー(河原子側)	
2		停留所・停留所付近	歩道無し		寺方
3			歩道有り(ガードレール無し)		河原子
4			歩道有り(ガードレール有り)		大沼
5			緑の横断帯		日立商業高校
6		停留所以外	歩道無し		水木-寺方間の一部区間
7			歩道有り(ガードレール無し)		河原子-磯坪間
8			歩道有り(ガードレール有り)		泉が森-大甕駅間
9			緑の横断帯		大甕駅→多賀駅の大甕駅の先
10			見通しが悪い道路（急なカーブ）		泉が森-大甕駅の鉄道上の橋
11			見通しが悪い道路（大きな起伏）		No10鉄道上の橋から泉が森側
12	一般道との交差点	信号有り		日立商業下交差点、水木交差点の2か所	
13		信号無し		磯坪交差点	

表 3-16 検出対象に対する網羅性確認

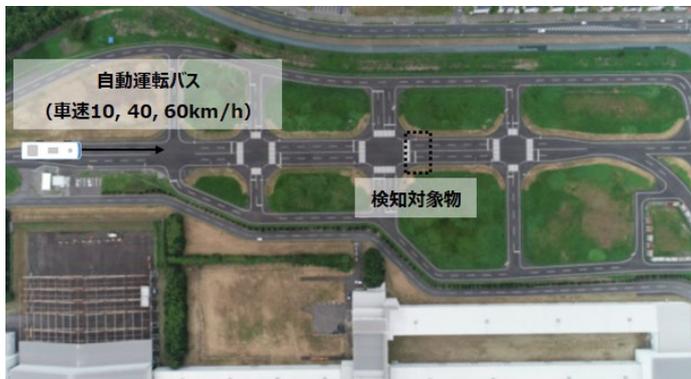
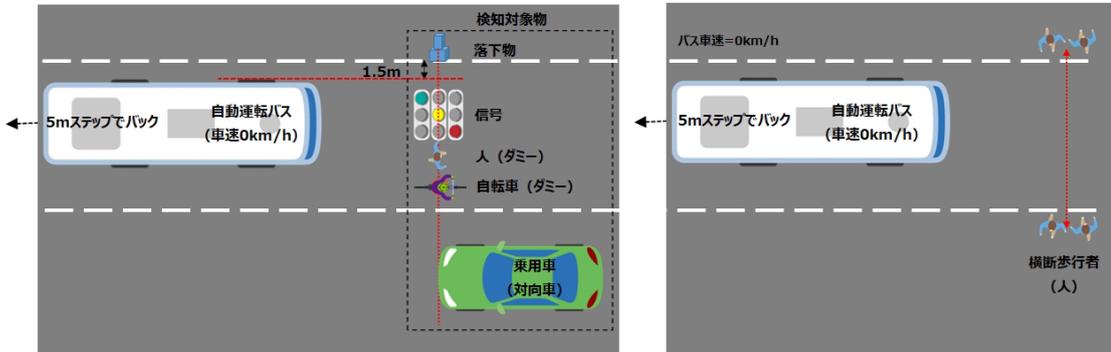
No.	分類	歩行者(停止)			歩行者(移動)			自転車(停止)			自転車(移動)			車両(停止)			車両(移動)			信号			バーゲート		落下物	
		正面	背面	右向	正面	背面	右向	正面	背面	右向	正面	背面	右向	正面	背面	右向	正面	背面	右向	赤	青	黄	切替時	緑		黄
1	専用区間端点	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*1
2	停留所付近 歩道無	(現地1)	*2	*2	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	*6	*6	*6	*6	*6	*6	*6	*6
3	停留所付近 歩道有(ガードレール無)	(現地1)	*2	*2	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	*6	*6	*6	*6	*6	*6	*6	(1)
4	停留所付近 歩道有(ガードレール有)	(現地1)	*2	*2	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	*6	*6	*6	*6	*6	*6	*6	(1)
5	停留所付近 緑の横断帯	(現地1)	*2	*2	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	(現地1)	*6	*6	*6	*6	*6	*6	*6	(1)
6	歩道無	(5)	*2	*2	(3)	(3)	(3)	(3)	(1)	*2	*2	(2)	(2)	*2	*2	(1)	*2	*6	*6	*6	(1)	(1)	*6	*6	*6	(1)
7	歩道有(ガードレール無)	(2)	*2	*2	(2)	(2)	(3)	(3)	(1)	*2	*2	(2)	(2)	*2	*2	(1)	*2	*6	*6	(1)	(1)	*6	*6	*6	*6	(1)
8	歩道有(ガードレール有)	(5)	*2	*2	(5)	(5)	(5)	(2)	*2	*2	(5)	(5)	*2	*2	(1)	*2	*6	*6	(1)	(1)	*6	*6	*6	*6	*6	(1)
9	緑の横断帯	(3)	*2	*2	*2	*2	(3)	(3)	(2)	*2	*2	(2)	(2)	*2	(2)	(1)	*2	*6	*6	(1)	(1)	*6	*6	*6	*6	(1)
10	片側1車線(歩道) (急なカーブ)	(6)	*2	*2	(6)	*4	*4	(7)	*2	*2	(6)	*2	(7)	(1)	*2	*6	*6	(1)	(1)	*6	*6	*6	*6	*6	(6)	
11	片側1車線(歩道) (大きな起伏)	(現地4)	*2	*2	(現地4)	*5	*5	(5)	*5	*5	(5)	*5	(5)	(5)	*5	(5)	*5	*5	(5)	*5	*5	*5	*5	*5	(5)	(4)
12	一般道の交差点 信号有	(4)	*2	*2	(6)	(5)	*2	(6)	(2)	(2)	*2	(1)	(6)	(5)	*2	(4)	(1)	*2	*2	(4)	(6)	*2	*2	(4)	(1)	(1)
13	一般道の交差点 信号無	(4)	*2	*2	(8)	(9)	*2	(8)	(2)	(2)	*2	(1)	(8)	(9)	*2	(8)	(1)	*2	*2	(8)	(9)	*2	*2	(8)	(1)	(1)

凡例

- \*1 専用区間端点はマニュアル運転のため
  - \*2 原理上、向きは検知に影響なし
  - \*3 緑の横断帯は左右移動のみ
  - \*4 バスへ向かわない歩行者は対象外
  - \*5 安全上、歩行者(停止)のみで実施
  - \*6 発生しない条件のため対象外
- (現地1) 現地停留所の環境がそれぞれ異なり確認が必要のため  
 (現地2) V2X市街地ガードレール部には平坦部が少なく実施困難  
 (現地3) バーゲート仕様未定のため  
 (現地4) 斜路/起伏の再現が困難なため

(1) 前方最大検知距離試験

図 3-62 の通り、落下物、信号、人(ダミー)、横断歩行者(人)、自転車(ダミー)、対向車を配置し、それと同時に信号灯色認識を行いながら、近い距離から自動運転バスを5mステップで遠ざけて検知状態を確認する。この試験によって各対象物の最大検知距離を測定した。



バス車速	対象	信号
0km/h ※5mステップ	横断歩行者(上一下、下一上)	青
		黄
		赤
10km/h	落下物、人(ダミー)、自転車(ダミー)、対向車	青
		黄
		赤
40km/h		青
		黄
		赤
60km/h		青
		黄
		赤

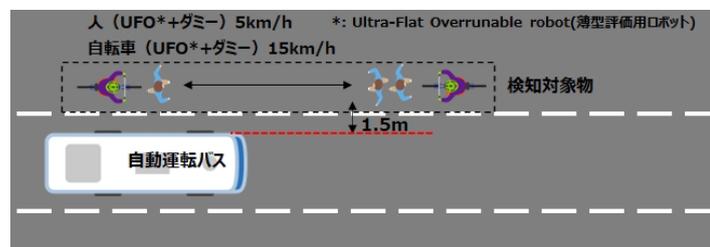


図 3-62 前方最大検知距離試験 設置方法・実施条件・風景

(2) 並走歩行者・自転車検知試験

ひたち BRT 専用道区間には並走歩道が設けられている区間が多く存在する。また一般道との交差点においては、進行方向・交差方向に歩行者、自転車が通る可能性がある。

図 3-63 に示す通り、この前方最大検知距離試験では、自動運転バス走行時に並走する歩行者・自転車の検知状態を確認する。ひたち BRT 専用道区間の自動運転バスの最高速度は 40km/h であるが、さらに実力を確認するため 60km/h を加え、10km/h、40km/h、60km/h で実施し、並走歩行者（5km/h）・自転車（15km/h）は進行方向、および、逆方向それぞれを実施した。なお、安全な試験実施のため並走歩行者および自転車はダミーと薄型評価用ロボット（UFO）を使用した。



バス車速	対象
10km/h	歩行者(UFO) 5km/h遠ざかる
40km/h	
60km/h	
10km/h	歩行者(UFO) 5km/h近づく
40km/h	
60km/h	
40km/h	自転車(UFO) 15km/h遠ざかる
60km/h	
40km/h	自転車(UFO) 15km/h近づく
60km/h	

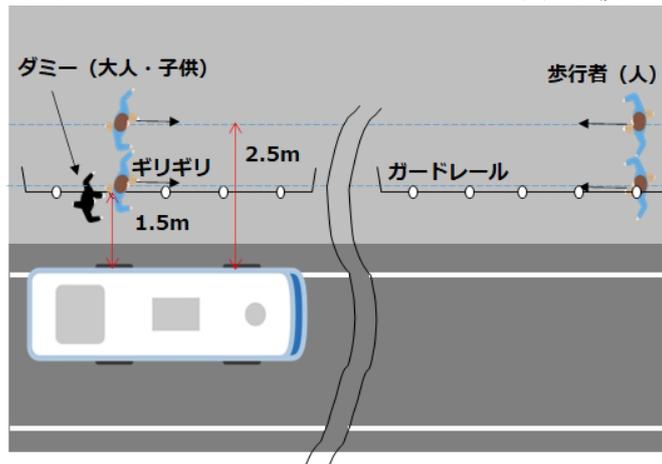


図 3-63 並走歩行者・自転車検知試験 設置方法・実施条件・風景

(3) ガードレール周辺の歩行者検知試験

ひたち BRT 専用道区間には並走歩道にガードレールが設置されている区間がある。走路へ出ようとしている歩行者の検知は、より重要度が増すため、ガードレールの内側、外側の判定ができることが重要となる。

図 3-64 に示す通り、10km/h・40km/h で走行する自動運転バスからガードレールの内側を歩く歩行者、およびガードレールの外側のダミーに対する検知状態を確認した。



バス車速	歩行者位置	歩行者向き
10km/h	ガードレールの内側 (車両から2.5m)	歩行者(前向き)
		歩行者(後向き)
	ガードレールの内側 ギリギリ (車両から 1.5m)	歩行者(前向き)1回目
		歩行者(後向き)1回目
40km/h	ガードレールの内側 (車両から2.5m)	歩行者(前向き)
		歩行者(後向き)
	ガードレールの内側 ギリギリ (車両から 1.5m)	歩行者(前向き)1回目
		歩行者(後向き)1回目
10km/h	0m(外側ギリギリ)	ダミー (大人)
		ダミー (子供)
		ダミー (大人)
		ダミー (子供)

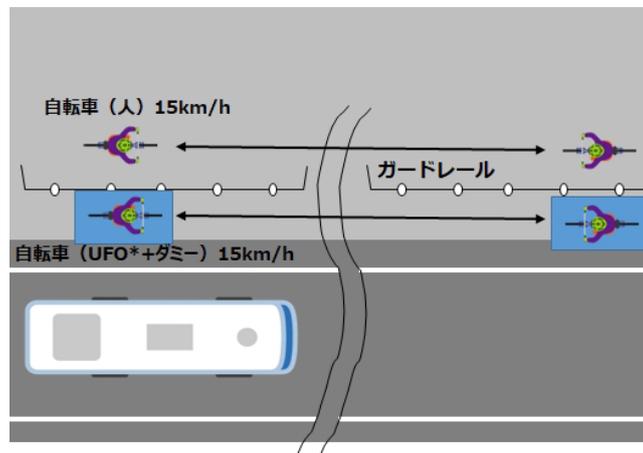


図 3-64 ガードレール周辺の歩行者検知試験 設置方法・実施条件・風景

(4) ガードレール周辺の自転車検知試験

ひたち BRT 専用道区間、およびその並走歩道では、自転車の乗り入れは禁止されているが、停留所周辺に自転車置き場が設置されている場所もあり、R4 年度現地実証実験前の走行環境調査においても専用道への自転車乗り入れ、並走歩道での自転車走行が確認されている。

図 3-65 に示す通り、10km/h・40km/h で走行する自動運転バスから、ガードレールの内側の自転車、およびガードレールの外側の自転車 (UFO+ダミー) に対する検知性能を確認した。



バス車速	自転車位置	歩行者向き
10km/h	ガードレール外側	自転車 (UFO) 15km/h 正面方向
		自転車 (UFO) 15km/h 背面方向
	ガードレール内側	自転車 (人) 15km/h 正面方向
		自転車 (人) 15km/h 背面方向
30km/h	ガードレール外側	自転車 (UFO) 15km/h 正面方向
		自転車 (UFO) 15km/h 背面方向
	ガードレール内側	自転車 (人) 15km/h 正面方向
		自転車 (人) 15km/h 背面方向

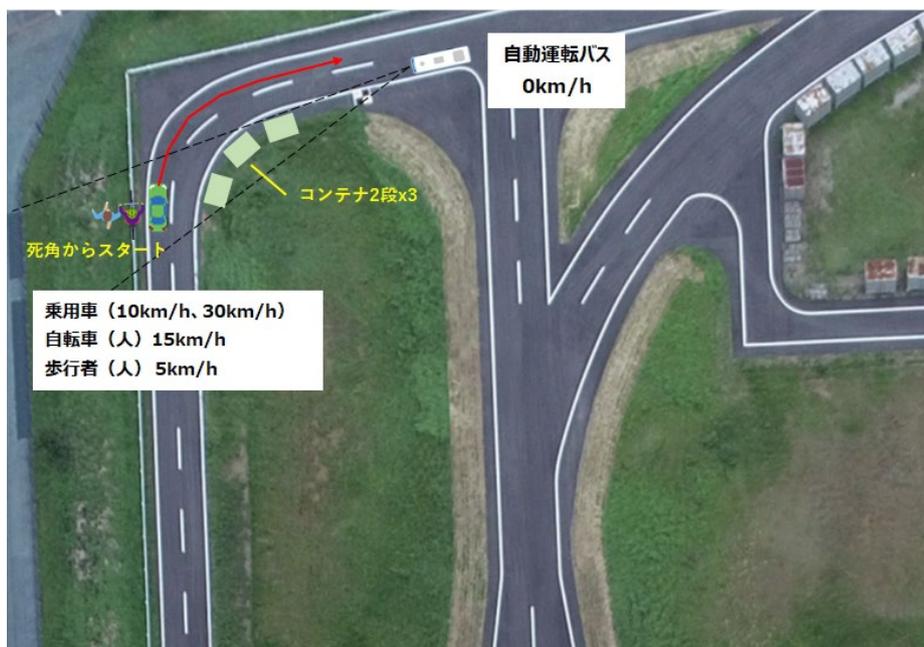


図 3-65 ガードレール周辺の自転車検知試験 設置方法・実施条件・風景

(5) カーブ路の前方認識試験

ひたち BRT 専用道区間は、直線、カーブ、クランク、ロータリ、場所によっては登り・下りの勾配がある。また、一般道との交差点には一般車両の誤進入防止用の BRT ゲートが設けられており、バスが BRT ゲート付近に来ない限り、BRT ゲートは閉じられているため、基本的には一般車両の進入はない。しかし、バス乗務員へのヒアリングによると、稀に専用道への誤進入が発生している。また、R4 年度現地実証実験前の現地調査において、BRT 専用道への歩行者、自転車の進入が確認されていたため、BRT 専用道上の一般車両、自転車、歩行者を検知できる性能も重要である。

図 3-66 に示す通り、コンテナを使って死角を作り、その死角から車両、自転車、歩行者を自動運転バスに向かって進め、その際の検知状態を確認した。



バス車速	ターゲット位置	速度
0km/h	バス死角から	車両(30km/h)
		自転車(15km/h)
		歩行者(5km/h)



図 3-66 カーブ路の前方認識試験（車速 0km/h） 設置方法・実施条件・風景

図 3-67 に示す通り、同様の設置環境で、自動運転バスを 10km/h、30km/h で走行させカーブを曲がった先に自動車、歩行者（ダミー）、落下物を置き、検知状態を確認した。



バス車速	ターゲット位置	速度
10km/h	落下物 死角	停止
	歩行者 死角	停止
	車両 死角	停止
30km/h	落下物 死角	停止
	歩行者 死角	停止
	車両 死角	停止

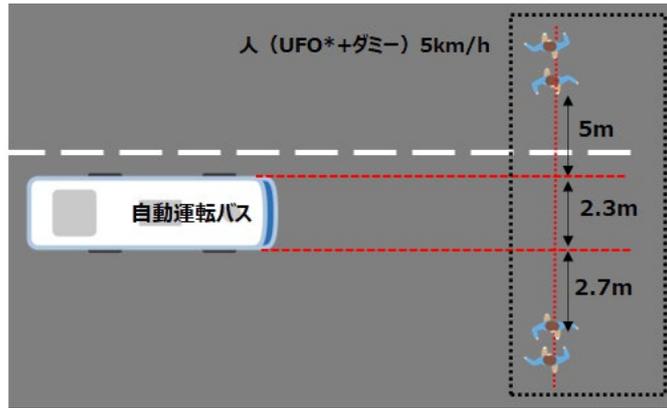


図 3-67 カーブ路の前方認識試験（走行中） 設置方法・実施条件・風景

(6) 交差歩行者検知試験

ひたち BRT 専用道区間は、緑の横断帯と呼ばれる専用道内の歩行者横断帯があり、また一般道との交差点での横断歩行者が想定されている。

図 3-68 に示す通り、自動運転バス走行時（10km/h、40km/h）に、横断歩行者（5km/h）の検知状態を確認した。



バス車速	対象
10km/h	歩行者(UFO) 5km/h 上一下
40km/h	
10km/h	歩行者(UFO) 5km/h 下一上
40km/h	

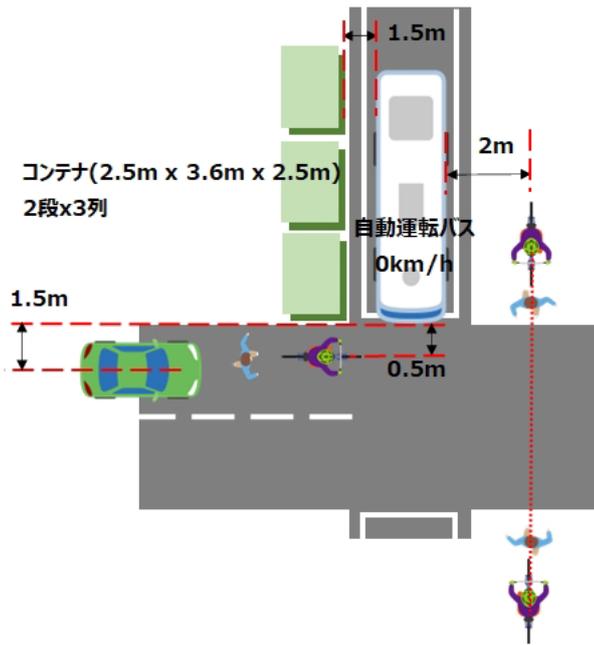


図 3-68 交差歩行者検知試験 設置方法・実施条件・風景

(7) 交差点側方検知試験 (駐車車両無し)

ひたち BRT 専用道区間は、一般道との交差点が 11 か所あり、そのうち BRT 専用道用に信号が設定されていない交差点が 9 か所ある。それら交差点では、自動運転バスが交差道路直前で一時停止して左右の安全確認を行い、安全が確認できれば交差点を通過するため、交差車両、歩行者、自転車の検知性能がとても重要である。

図 3-69 に示す通り、交差点での一時停止を模擬した位置に自動運転バスを配置し、交差車両 (10km/h、40km/h、60km/h)、交差自転車・並走自転車 (15km/h)、交差歩行者・並走歩行者 (5km/h) の検知状態を確認した。



バス車速	ターゲット位置	速度
0km/h	歩行者 コンテナから0.5m	歩行者(0km/h)5mステップ
		自転車(0km/h)5mステップ
		車両(0km/h)5mステップ
	交差歩行者 コンテナから0.5m	歩行者(5km/h)
	交差自転車 コンテナから0.5m	自転車(15km/h)
	並走歩行者 横断歩道	歩行者(5km/h)
	並走自転車 横断歩道	自転車(15km/h)
車両 コンテナから1.5m	車両(10km/h)	
	車両(40km/h)	
	車両(60km/h)	

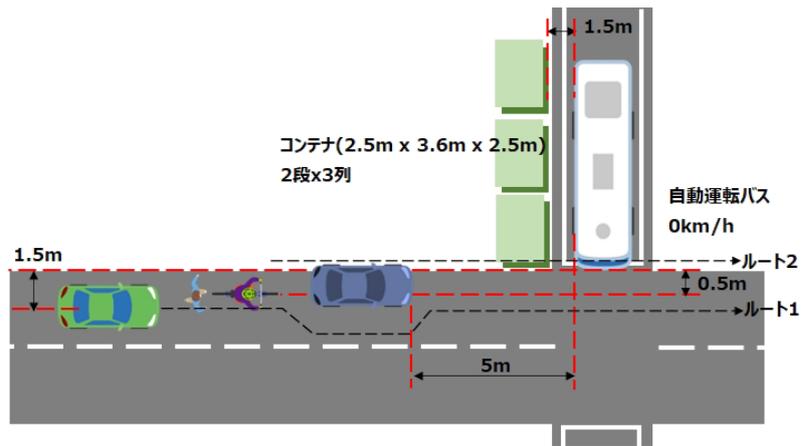


図 3-69 交差点側方検知試験（駐車車両無し） 設置方法・実施条件・風景

(8) 交差点側方認識試験（駐車車両有り）

交差する一般道には、駐車車両が存在する場合がある。その場合、駐車車両によってオクルージョン（後方の障害物が駐車車両の影になり検出できなくなる現象=遮蔽）が発生することが知られている。その影響を予め確認しておくことが安全に交差点を通過するために重要である。

図 3-70 に示す通り、オクルージョンが発生した場合の検出性能に対する影響を確認するために、交差点から 5m の位置に駐車車両（乗用車とトラック）を置き、歩行者（人）、自転車（人）、車両（乗用車・トラック）について、それぞれ近い距離から 5m ステップで後方に移動させ最大検知距離を確認した。



バス車速	駐車車両	駐車位置	速度
0km/h	乗用車	5m	歩行者(0km/h)5mステップ近距離から遠ざかる
			自転車(0km/h)5mステップ近距離から遠ざかる
			車両(0km/h)5mステップ近距離から遠ざかる
	大型車		歩行者(0km/h)5mステップ近距離から遠ざかる
			自転車(0km/h)5mステップ近距離から遠ざかる
			車両(0km/h)5mステップ近距離から遠ざかる
	乗用車	ルート1歩行者(5km/h)	
		ルート2歩行者(5km/h)	
		ルート1自転車(15km/h)	
		ルート2自転車(15km/h)	
		車両(10km/h)	
		車両(40km/h)	
	大型車	ルート1歩行者(5km/h)	
		ルート2歩行者(5km/h)	
		ルート1自転車(15km/h)	
		ルート2自転車(15km/h)	
車両(10km/h)1回目			
車両(40km/h)1回目			

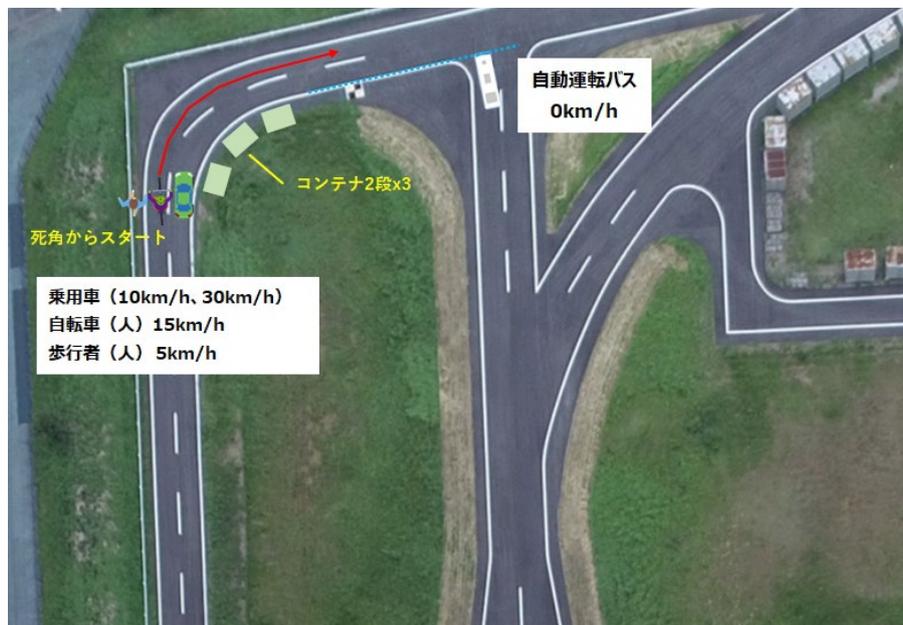


図 3-70 交差点側方認識試験（駐車車両有り） 設置方法・実施条件・風景

(9) カーブ路での側方認識試験

自動運転バスが交差道路直前で一時停止して左右の安全確認する際、交差道路がカーブしていたり、軽い勾配を持っていたりする場合があります。見通し距離が限られる場所が多く存在する。よって、限られた見通し距離で死角から現れた対象物を遅れなく検知する性能が重要になる。

図 3-71 に示す通り、交差点での一時停止を模擬した位置に自動運転バスを配置し、死角から交差車両（10km/h、30km/h）、交差自転車（15km/h）、交差歩行者（5km/h）の条件で検知状態を確認した。



バス車速	ターゲット位置	速度
0km/h	バス死角から	車両(30km/h)
		自転車(15km/h)
		歩行者(5km/h)



図 3-71 カーブ路での側方認識試験 設置方法・実施条件・風景

(10) 特異環境試験

1) 評価施設

特異環境試験における評価環境は一般財団法人日本自動車研究所（JARI）施設の特異環境試験場（図 3-72；以降施設）を利用し、環境条件の降雨・照度は当該施設の設備によって再現した。



図 3-72 JARI 特異環境試験場（試験路全長 200m x 3 車線（3.5m））

2) 環境条件

(A) 標準条件

施設照明を全灯（1600lx）した環境を本調査における標準環境とした。

(B) 照度条件

照度は、施設照明 1600lx/1300lx/1000lx,700lx/500lx/300lx/消灯（0lx）を施設内全域にお

いて適用させて再現した。自動運転バスの実用を鑑みて、評価車両の照度に応じてヘッドライトを点灯（ハイビーム／ロービーム）させ、照度やヘッドライト点灯等の条件と組み合わせて評価条件を設定した（図 3-73 参照）。



図 3-73 照度試験 (0lx) 例

(C) 逆光（西日・夕日）

西日・夕日は施設の日照試験設備(図 3-74)を利用し、日照機で晴天時の 15 時(35000lx、色温度 6000K)、17 時(20000lx、色温度 2200K)に相当する太陽光を再現した。照射光が評価カメラに直接照射する角度に調節した（図 3-75 参照）。



図 3-74 日照試験設備



図 3-75 逆光試験例

(D) 降雨条件

雨天は、30/50/80mm/h の 3 段階の雨量レベルを施設内全域において降雨させて再現した。また雨天時の自動運転バスの実用を鑑みて、評価車両のワイパ動作（間欠）を実施した（図 3-76）。

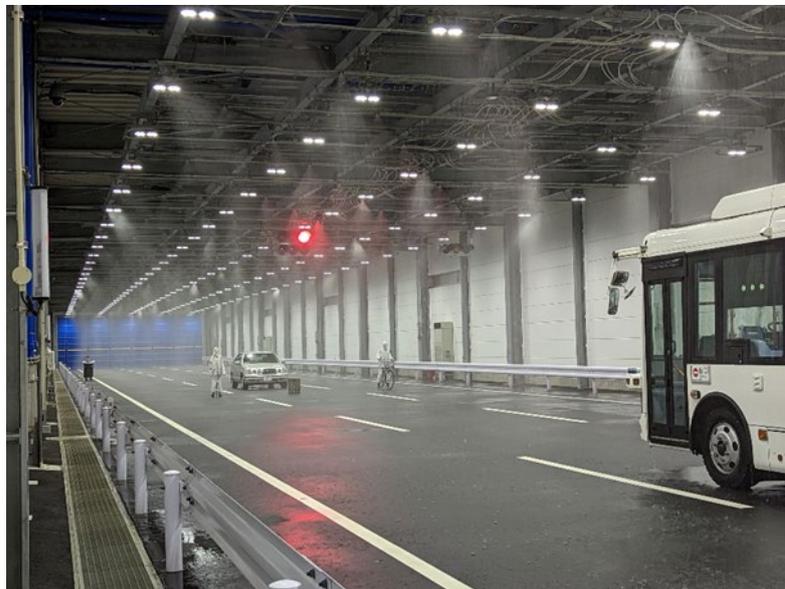


図 3-76 降雨試験例

(E) 霧条件

霧は、視程 30m/55m/80m の 3 段階の霧レベルを施設内全域において再現した（図 3-77 参照）。

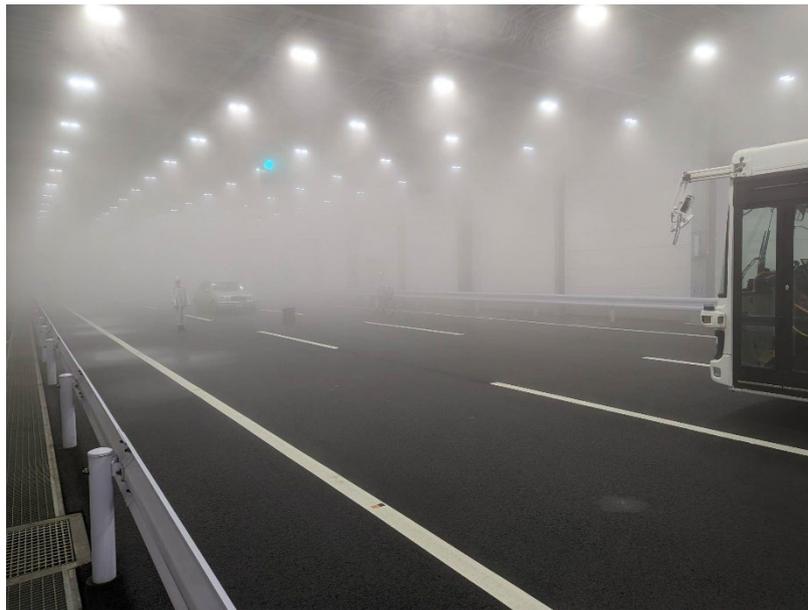


図 3-77 霧例

### 3) 評価方法

施設内に評価車両と認識対象物を設置し（参照図 3-78）、各環境条件にて計測した。この際、評価車両は停止または走行状態（車速 10km/h）にて計測した。

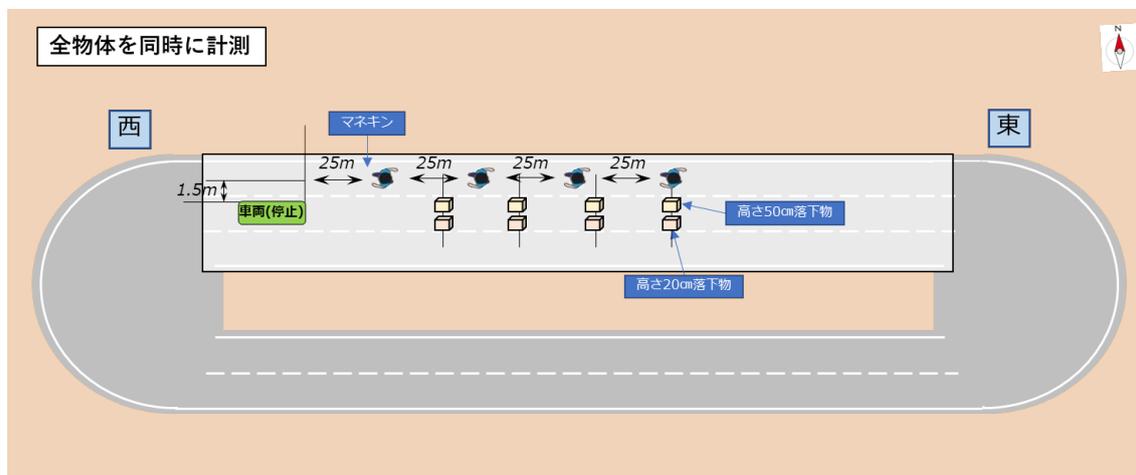


図 3-78 評価時レイアウト例

### 3.5.3. 検知性能評価結果

車両検知距離 90m 以上、人検知距離 50m 以上が確認された一方で、以下 4 点が課題として抽出された。これらについては、車両開発側で解析を行い、対策を実施した上で R4 年度現地実証実験に臨んだ。

- 縦方向と比較して横方向の初期検知に時間がかかる
- ガードレール脇の歩行者がガードレールに距離が近い場合、分離できずに同化する現象が確認された
- ガードレール脇の歩行者（140cm 子供相当のダミー）の検知率が低い
- 降雨試験時、カメラへの雨滴付着により信号認識性能が低下する場合がある

#### 3.5.4. まとめ

基礎的な検知性能評価法を開発し、その確認を行って R4 年度現地実証実験に臨んだが、実証実験結果からガードレールなどの道路周辺構造物が検知性能に影響を与えていることが確認されている。よって、車両周辺構造物の何が検知性能に影響を与えたのかなどの深堀を行い、試験条件へ追加することが課題である。

## 第4章 車両開発

### 4.1. 車両システム開発（2021年度に対する車両アップデート）

#### 4.1.1. ひたち BRT における走行分類

・自動運転バスの高度化、最適化を検討する上で、JARI、先進モビリティにて「ひたち BRT 安全走行設計シート」を作成し、ひたち BRT では、走行分類として 13 ケースに分けられることが分かった。（表 4-1）



図 4-1 ひたち BRT 路線図

バス停番号は、図 4-1 とバス停番号と同じである。

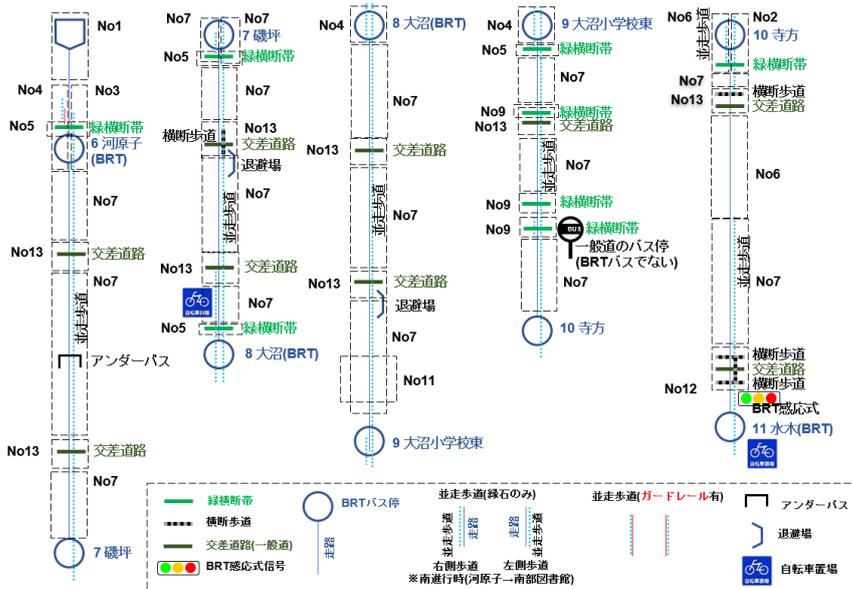


図 4-2 走行分類を当てはめた図 (その 1)

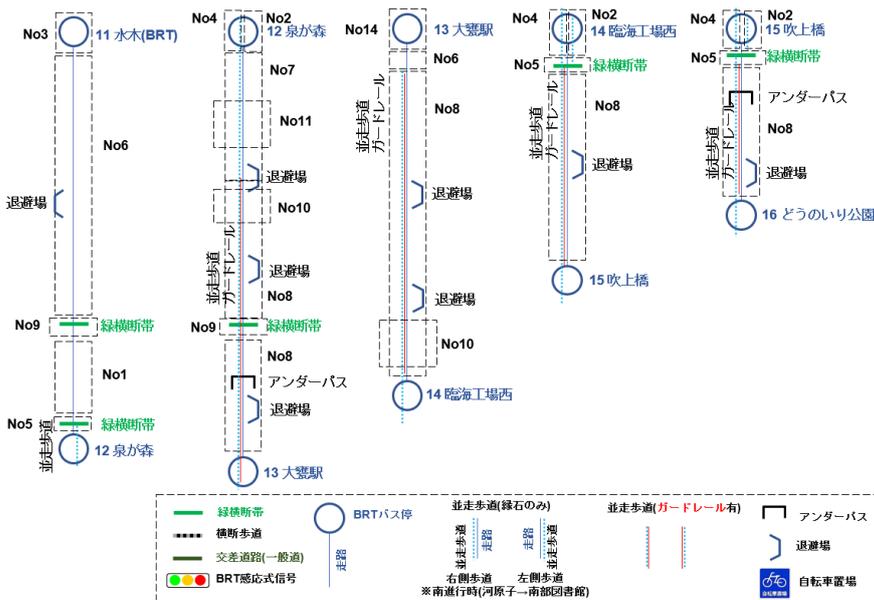


図 4-3 走行分類を当てはめた図 (その 2)

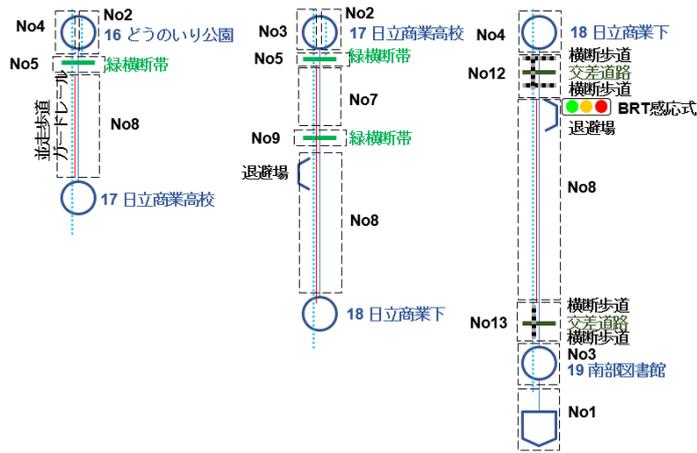


図 4-4 走行分類を当てはめた図（その 3）

表 4-1

ケース番号	走行パターン	代表例
1	専用道区間端点	南部図書館バス停および河原子 BRT バス停
2	専用道区間 停留所付近 歩道なし	
3	専用道区間 停留所付近 ガードレールなし	
4	専用道区間 停留所付近 ガードレールあり	

5	専用道区間 停留所付近 緑の横断帯	
6	専用道区間 停留所以外 歩道なし	
7	専用道区間 停留所以外 歩道あり（ガードレール なし）	
8	専用道区間 停留所以外 歩道あり（ガードレール あり）	
9	専用道区間 停留所以外 緑の横断帯	

10	専用道区間 カーブ	
11	専用道区間 上り勾配	
12	一般道との交差部 信号あり	
13	一般道との交差部 信号なし	

#### 4.1.2. 走行分類に対する追加機能

分類分けしたそれぞれのケースを L4 で走行するために必要な技術手段をまとめたものが表 4-2 である。

表 4-2 2022 年度追加機能

ケース 番号	要求機能	実現手段	
		ハードウェア	ソフトウェア
13	バーゲートの認識	2021 年度から変更なし	バーゲート認識ロジックの追加
12	BRT 信号認識	専用カメラの追加	BRT 信号認識ロジックを追加
12, 13	一般交差道路からくる交差車両の検知	2021 年度から変更なし	LiDAR での検出ロジックをアップデート
12	一般信号認識	2021 年度から変更なし	縦スリットの入った信号に対する学習結果を反映
2~13	横断帯付近や歩道上の歩行者認識	2021 年度から変化なし	車両走行経路の左右両サイドの障害物検知するロジックを追加

・安全機能

2021年度からシステムが変更になっていることから、変化点検証(DRBFM)を実施した。それを基に JARI 殿と HARA を再度行なった結果、ハザードおよびハザードに対するリスクに変化はないことを確認した。(HARA の実施内容などは第3章を参照のこと) しながら更なる検証を行ったところ、安全状態(セーフティステート)に関しては、「走行中に故障を検出した場合、緩減速(例えば0.1G以下)し、車両を同一車線上に停止させる」に変更することで、よりリスクを低減できることが分かったため、変更した。

【システムの変化点】

- ・E/Eシステム故障時における状態遷移

(2022年度ひたちBRTにおいてはL2運用のため、TORを入れている。)

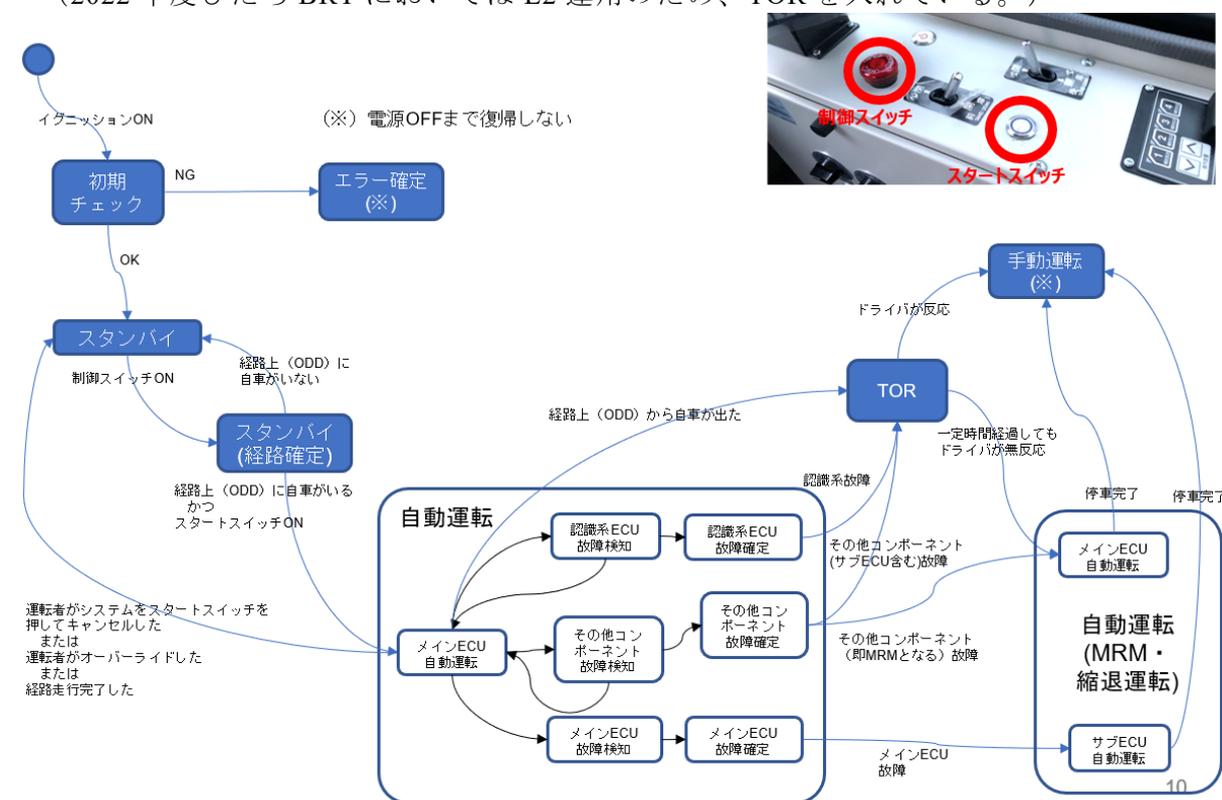


図 4-5 自動運転システムの状態遷移図

・ 電源の冗長化

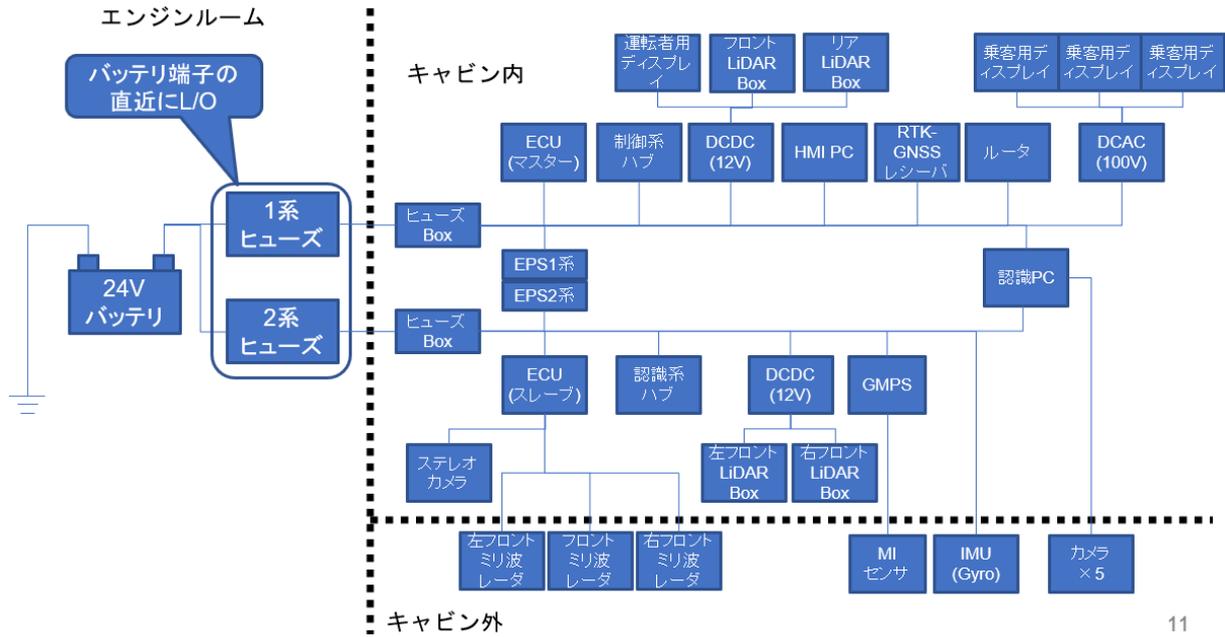


図 4-6 電源の冗長化

ハーネスの断線、噛み込みなどにより地絡などでシステムがすべてシャットダウンしないよう、電源ハーネスに関しても冗長システムに合わせて最適に配置した。

なお、ハードウェア設計的にハーネスの断線、噛み込みなどにより地絡が起きないように配慮することも重要である。

## 4.2. ひたち BRT R4 年度現地実証実験の事前検証

### 4.2.1. 認識システムの性能確認結果（JARI 試験結果）

- 環境変化時の認識性能評価

認識システムの耐環境性能を把握するため、日本自動車研究所（JARI）の特異環境試験場を利用して照度、雨量、霧濃度の3つの環境状況を変化させたときの認識率について評価した。認識率については次のように算出した。

$$\text{認識率} = (\text{認識できたフレーム数}) / (\text{評価に使用したフレーム数}) \times 100$$

□照度変化試験（前方領域の物体認識評価）

車両の前方にコンクリートブロック、マネキン、自転車、自動車を配置し、距離、照度を変化させたときの認識率を評価した。障害物距離は5[m]から105[m]まで変化させており、照度は計3パターン（1600[lux]、500[lux]、0[lux]）変化させた。また、照度0[lux]のとき、ハイビームOFFの場合では、カメラによる認識が不可能となるため、ハイビームONにした状態で実施した。このときのカメラ画像及びLiDAR点群と、認識率のグラフを以下に示す。

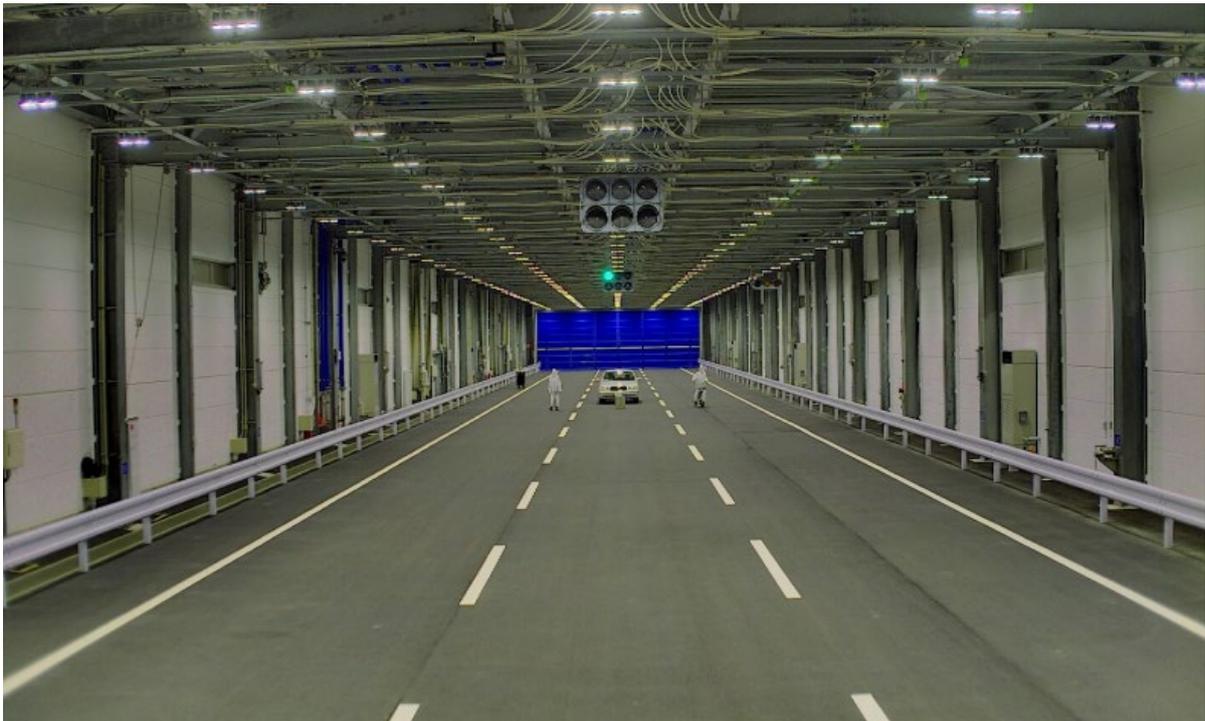


図 4-7 カメラ画像（照度 1600 [lux]：距離 105[m]）



図 4-8 カメラ画像（照度 500 [lux] : 距離 105[m]

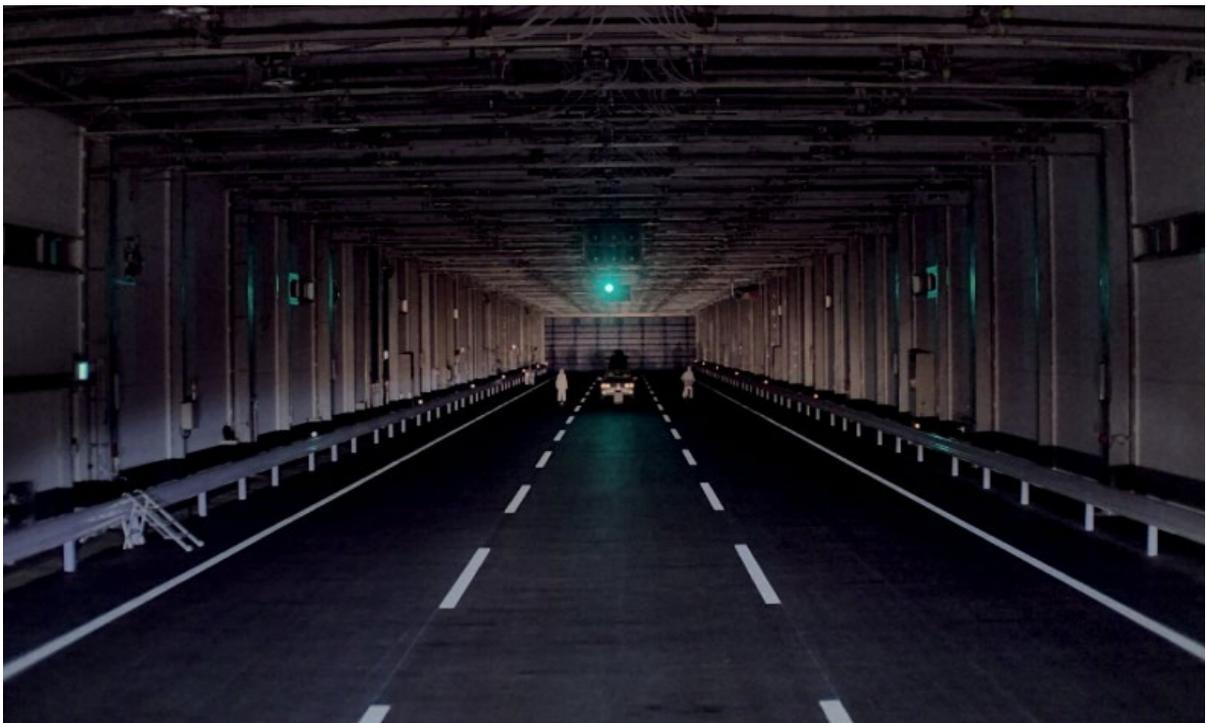


図 4-9 カメラ画像（照度 0 [lux]ハイビーム ON : 距離 105[m]

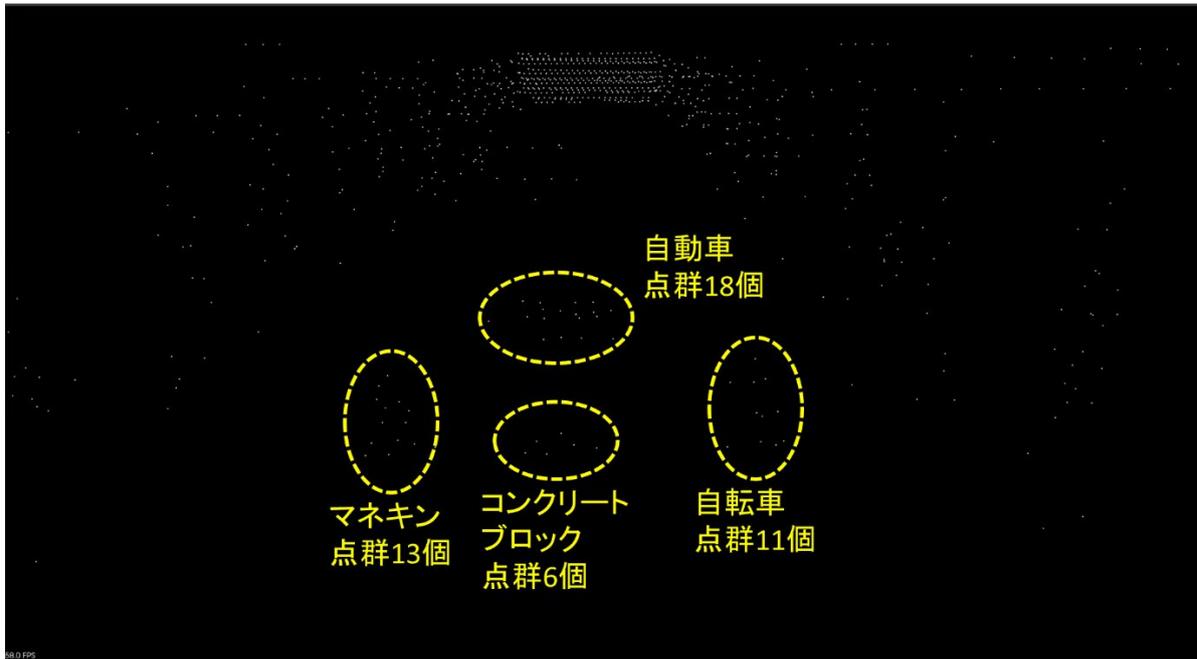


図 4-10 LiDAR 点群 (距離 105[m])

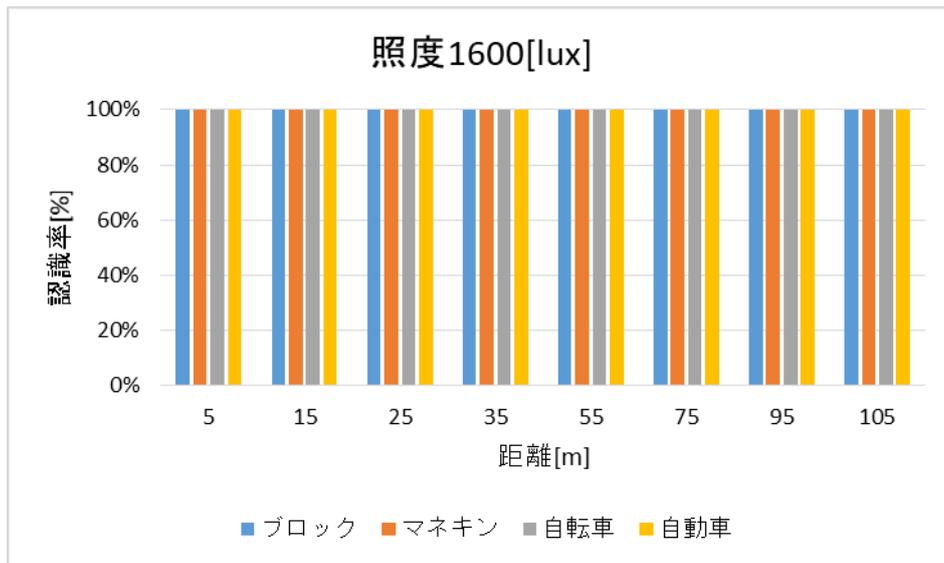


図 4-11 照度 1600 [lux]のときの認識率

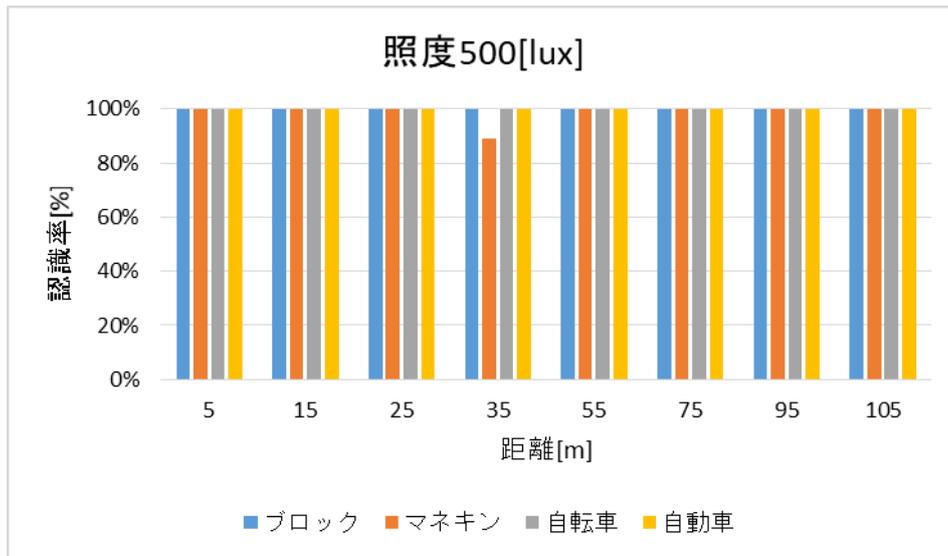


図 4-12 照度 500 [lux]のときの認識率

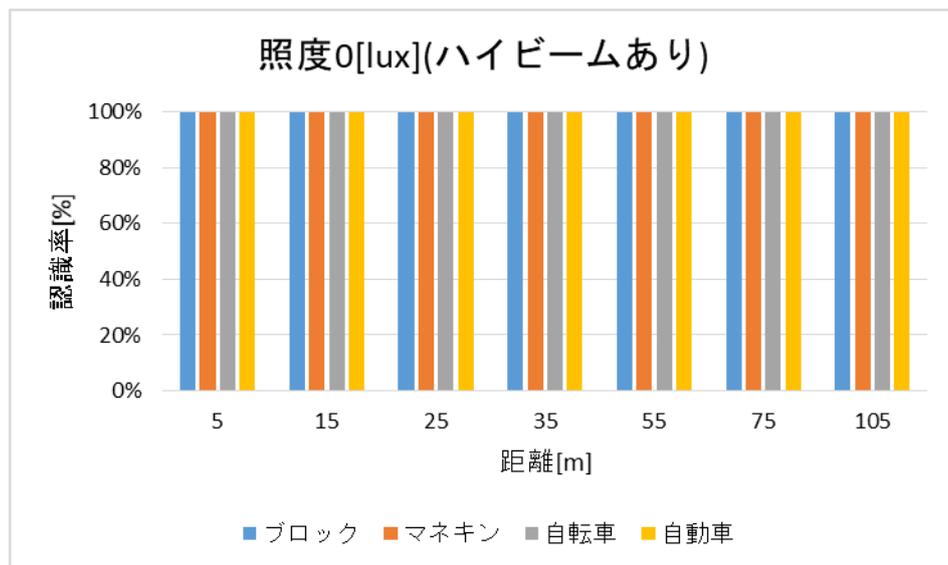


図 4-13 照度 0 [lux](ハイビームあり)のときの認識率

結果について

照度環境に影響されず 105[m]まで安定して認識できた。

□雨量変化試験（前方領域の物体認識評価）

車両の前方にコンクリートブロック、マネキン、自転車、自動車を配置し、雨量を変化させたときの認識率を評価した。雨量は3段階（30[mm/h]、50[mm/h]、80[mm/h]）変化させ、それぞれの雨量において障害物の距離と照度を変化させた。このときのカメラ画像及びLiDAR点群と、認識率のグラフを以下に示す。



図 4-14 カメラ画像（雨量 30 [mm/h] : 距離 105[m]）



図 4-15 カメラ画像（雨量 50 [mm/h] : 距離 105[m]）



図 4-16 カメラ画像（雨量 80 [mm/h] : 距離 105[m]）



図 4-17 LiDAR 点群 (雨量 30 [mm/h] : 距離 105[m])



図 4-18 LiDAR 点群 (雨量 50 [mm/h] : 距離 105[m])

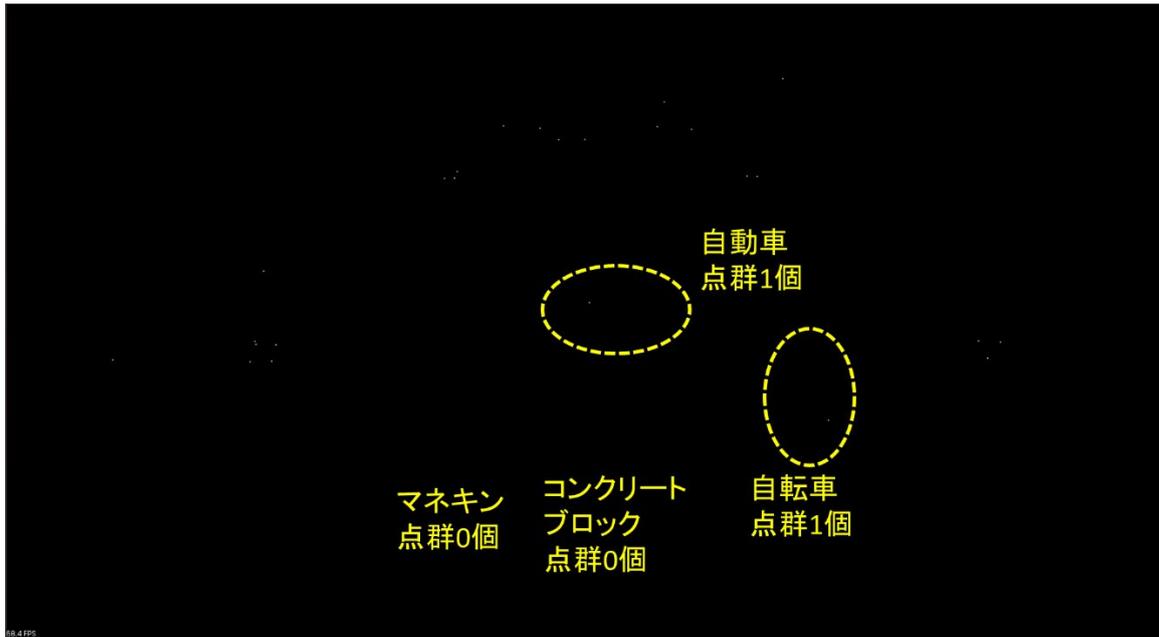


図 4-19 LiDAR 点群 (雨量 80 [mm/h] : 距離 105[m])

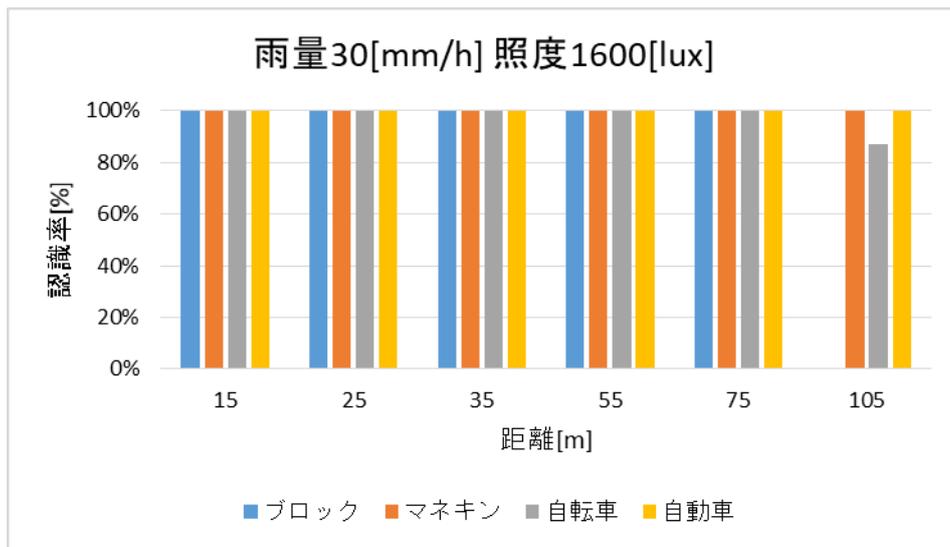


図 4-20 雨量[30mm/h]照度 1600 [lux]のときの認識率

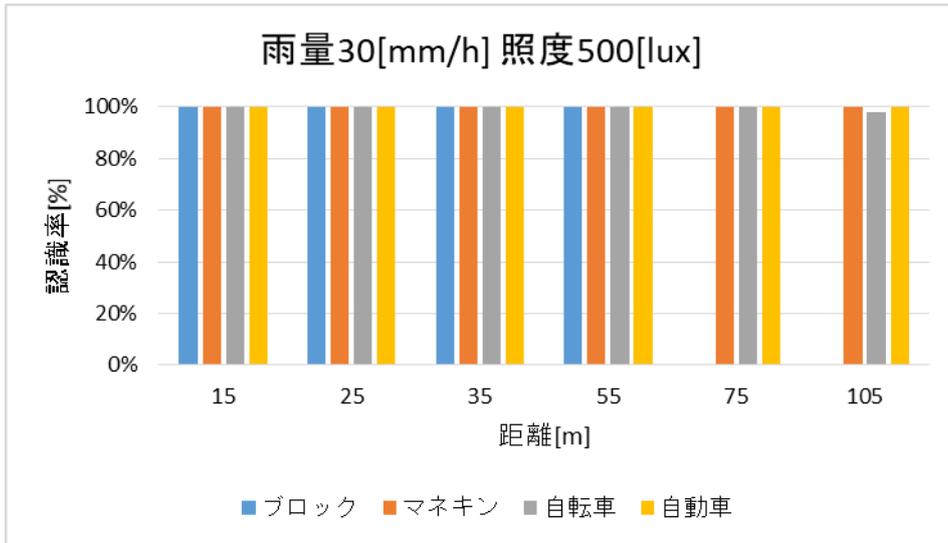


図 4-21 雨量[30mm/h]照度 500 [lux]のときの認識率

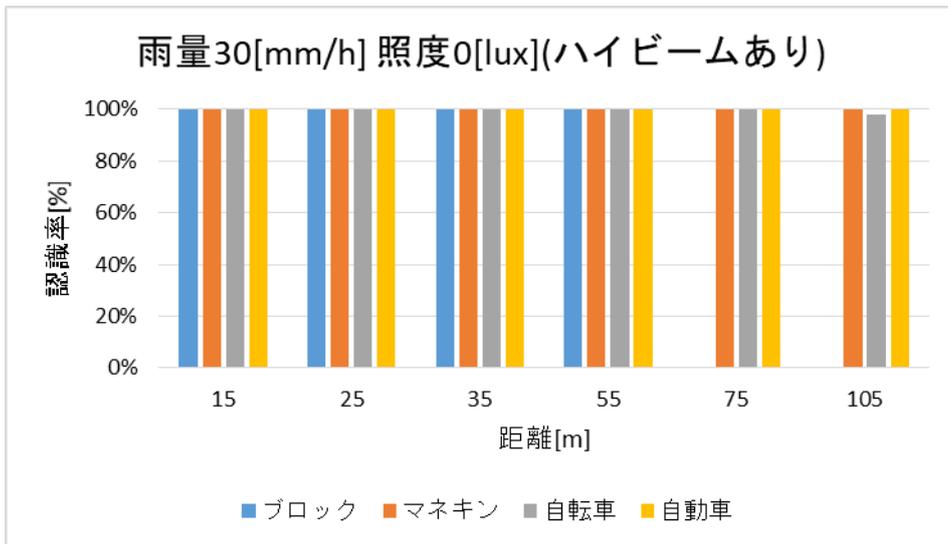


図 4-22 雨量[30mm/h]照度 0 [lux](ハイビームあり)のときの認識率

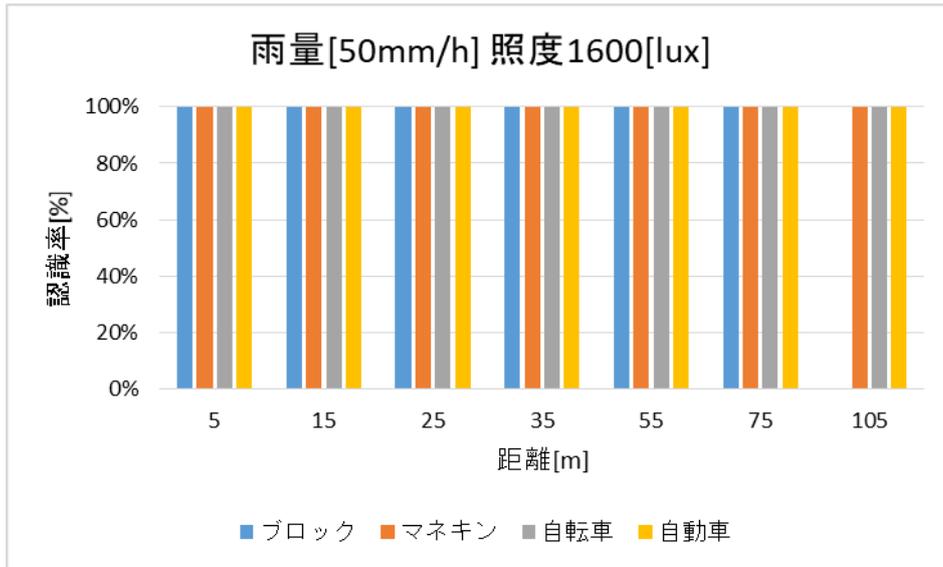


図 4-23 雨量[50mm/h]照度 1600 [lux]のときの認識率

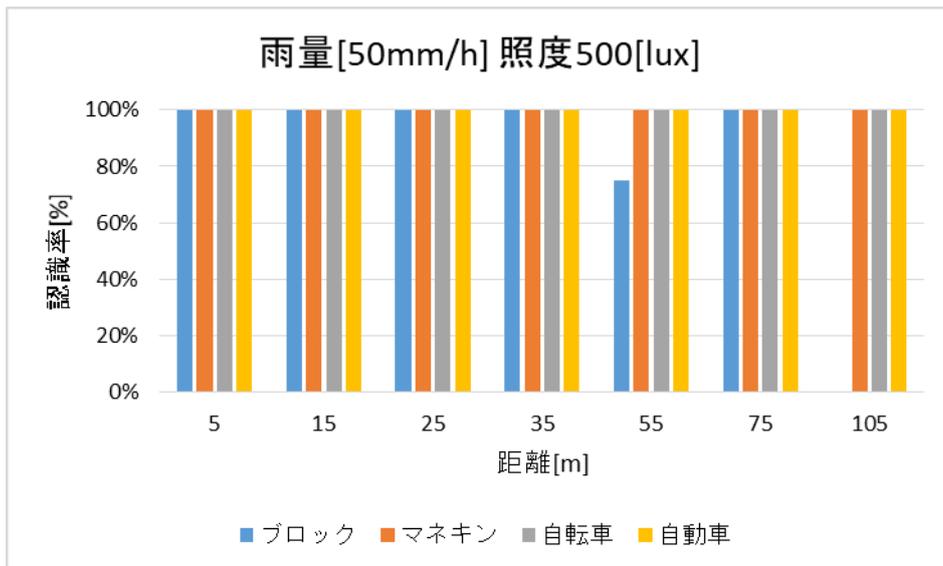


図 4-24 雨量[50mm/h]照度 500 [lux]のときの認識率

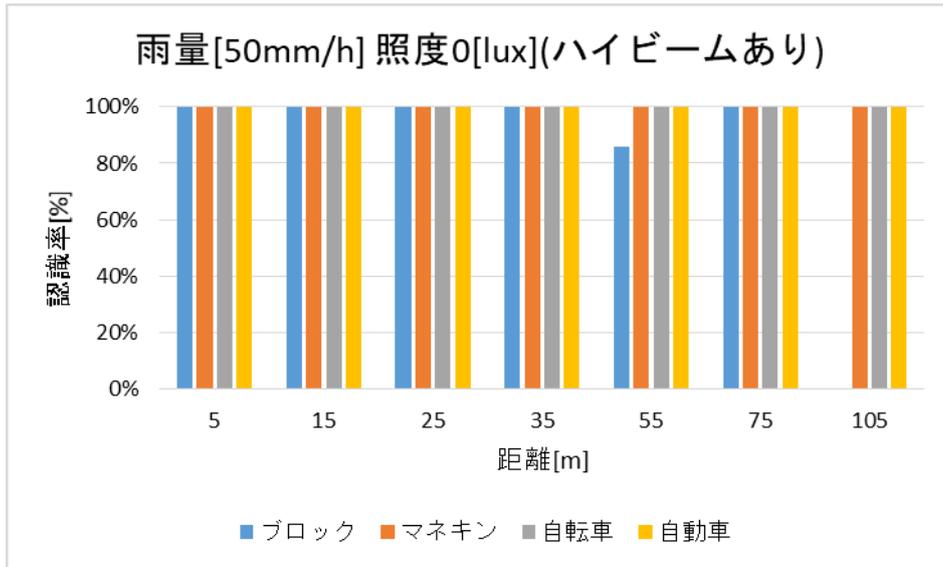


図 4-25 雨量[50mm/h]照度 0 [lux](ハイビームあり)のときの認識率

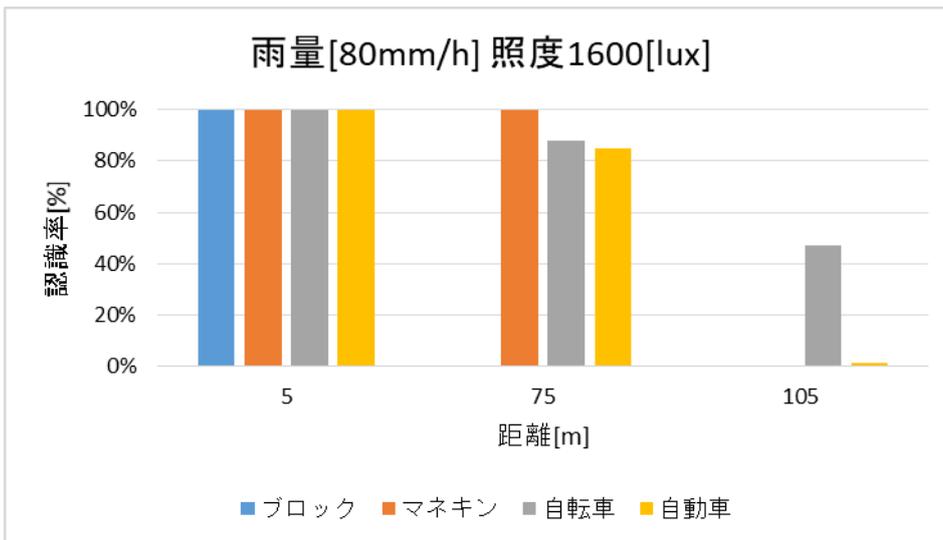


図 4-26 雨量[80mm/h]照度 1600 [lux]のときの認識率

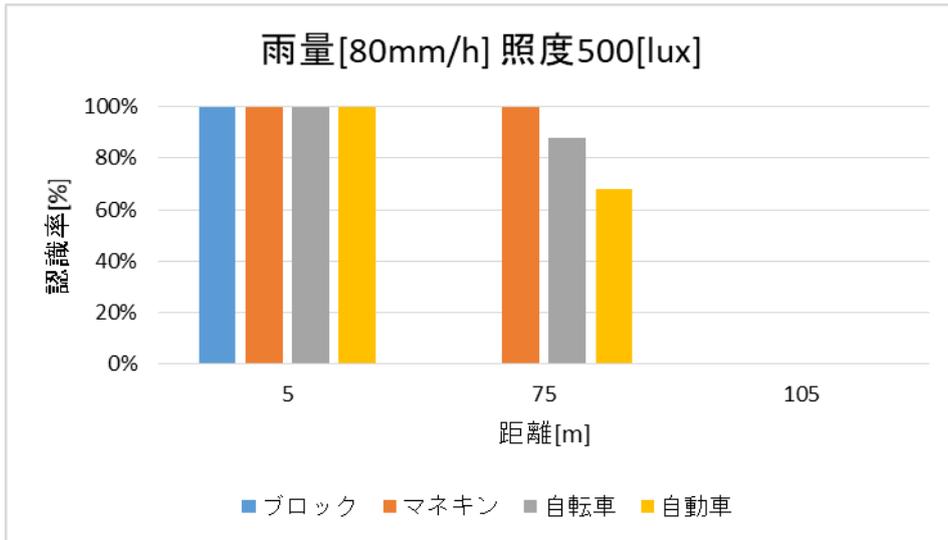


図 4-27 雨量[80mm/h]照度 500 [lux]のときの認識率

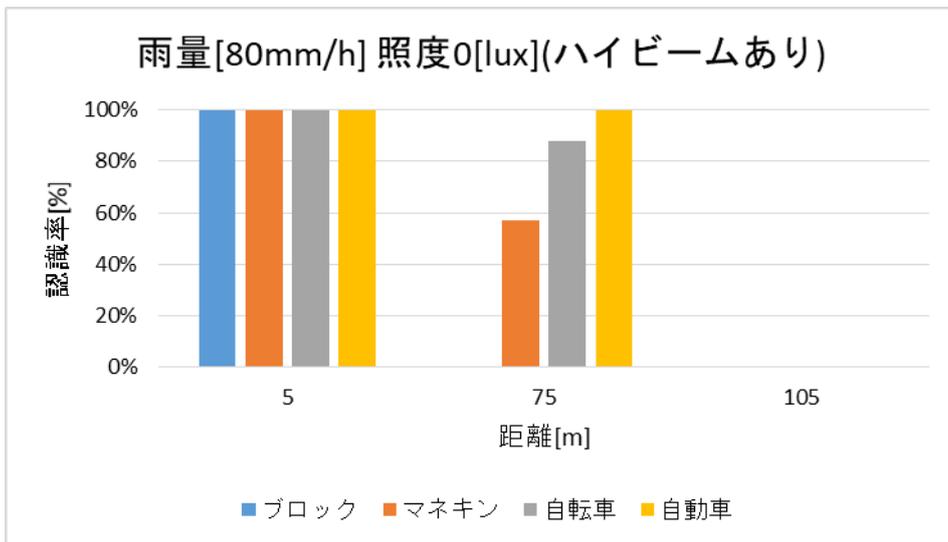


図 4-28 雨量[80mm/h]照度 0 [lux](ハイビームあり)のときの認識率

#### 結果について

降雨なし環境と比べて雨量[30mm/h]と[50mm/h]の場合、コンクリートブロックの認識率が低下した。LiDAR が雨滴に反応することで遠距離における物体の点群数が少なくなり、サイズの小さいコンクリートブロックは認識が困難となった。雨量[80mm/h]の場合はさらに対象物の点群数が著しく減少し、コンクリートブロック以外の物体に対しても認識率が大幅に低下した。

□雨量変化試験（側方領域の物体認識評価）

T字路での側方からの接近物を想定して、計測車両の右方向にマネキン、自転車、自動車を配置した。照度は1600 [lux]とし、雨量を計4段階(0 [mm/h]、30 [mm/h]、50 [mm/h]、80 [mm/h]) 変化させた。各雨量において対象物までの距離を車両前面中心から横方向に105 [m]から5 [m]まで10 [m]刻みで接近させた。このときの認識率のグラフを以下に示す。

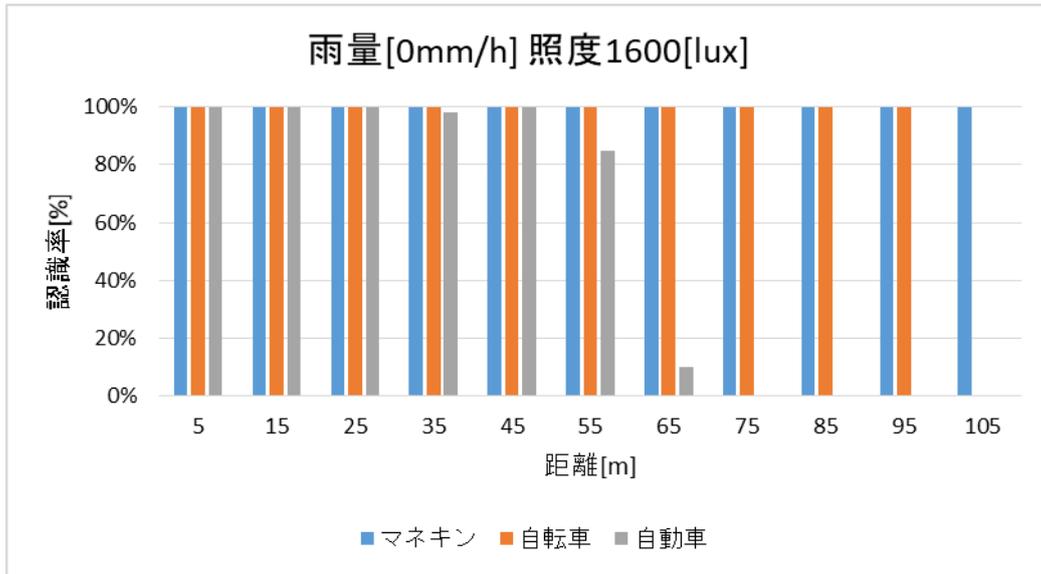


図 4-29 雨量[0mm/h]照度 1600 [lux]のときの認識率

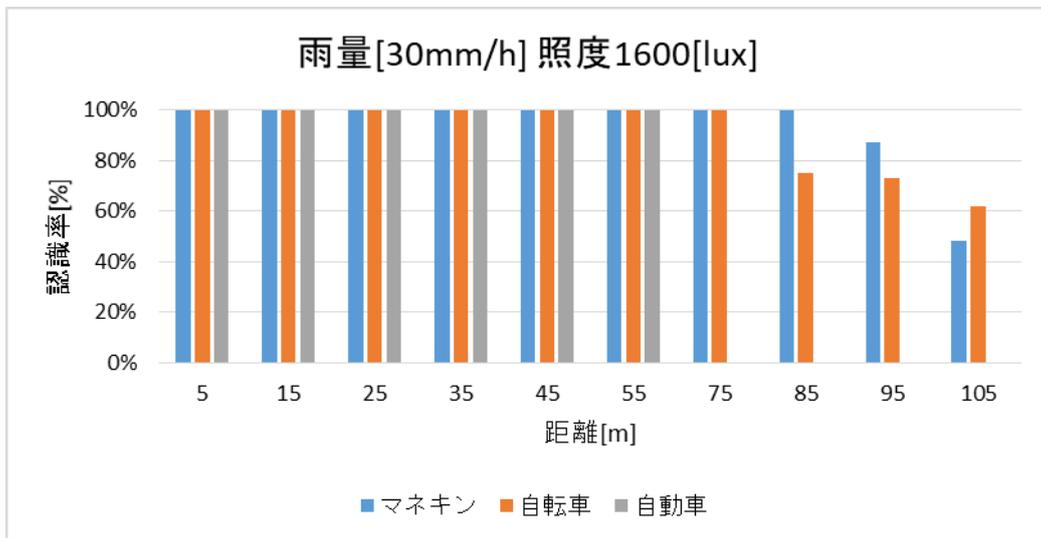


図 4-30 雨量[30mm/h]照度 1600 [lux]のときの認識率

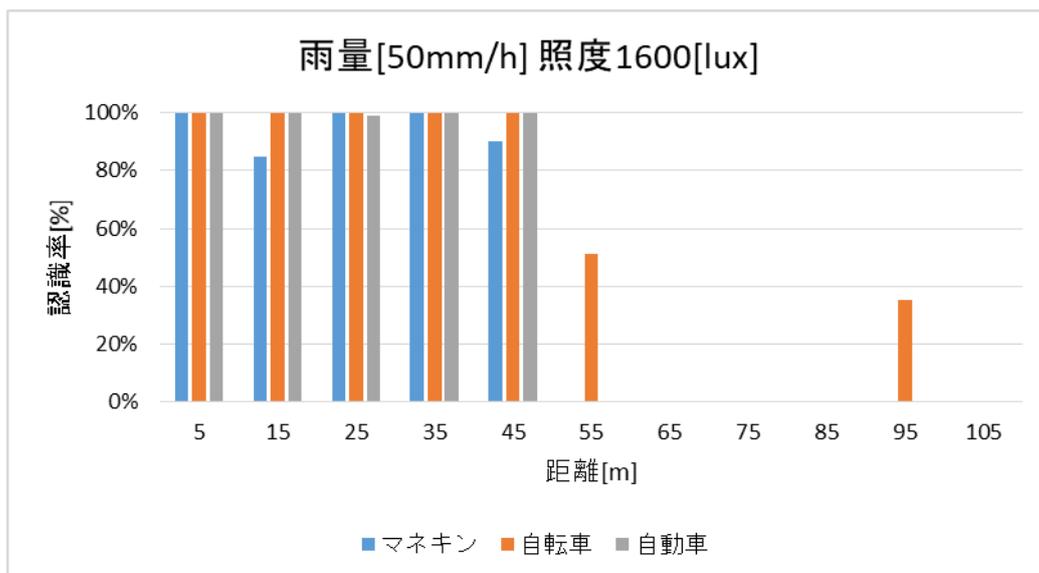


図 4-31 雨量[50mm/h]照度 1600 [lux]のときの認識率

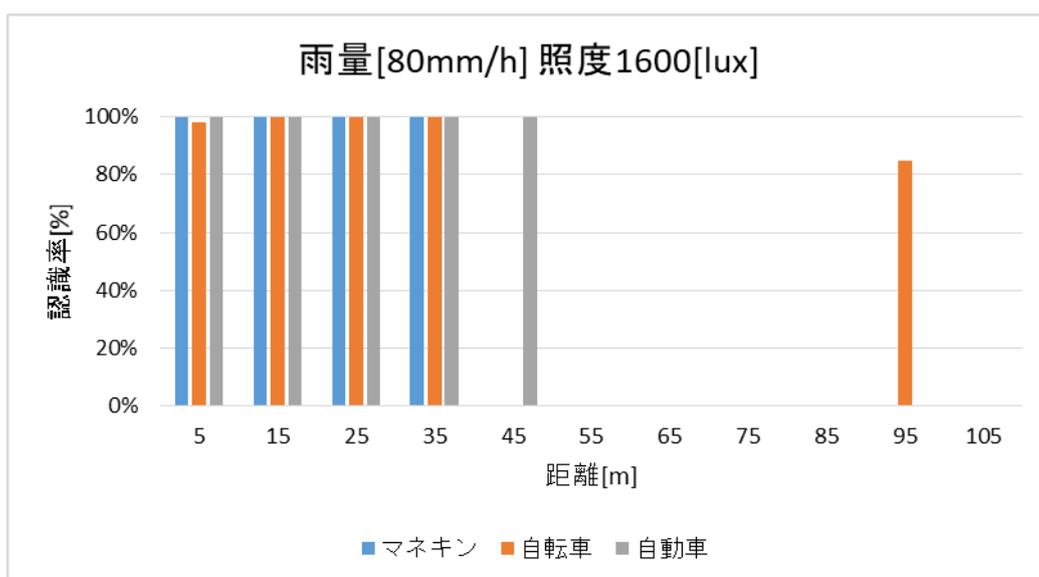


図 4-32 雨量[80mm/h]照度 1600 [lux](ハイビームあり)のときの認識率

#### 結果について

雨滴に LiDAR が反応して遠方にある物体の点群が減少するため、雨量が増加するにつれて遠方の認識率は低下した。雨量が 50[mm/h]になると降雨なしの場合と比べて認識できる距離が半分程度になった。マネキンや自転車に比べて自動車の認識率が低いのは、前方を見ているセンサの構成が違い車両の側方に遠方を認識するためのカメラがなく、対象自動車がセダントypeであったためマネキンと比べて高さが低く、LiDAR 点群が少ないためである。

□霧濃度変化試験（前方領域の物体認識評価）

車両の前方にコンクリートブロック、マネキン、自転車、自動車を配置し、霧の濃度を示す視程距離を変化させて評価した。霧視程距離を3段階（80[m]、50[m]、30[m]）変化させ、各霧環境において障害物の距離と照度を変化させた。このときのカメラ画像及びLiDAR点群と、認識率のグラフを以下に示す。



図 4-33 カメラ画像（視程距離 80 [m] : 距離 25[m]）



図 4-34 カメラ画像（視程距離 50 [m] : 距離 25[m]）



図 4-35 カメラ画像（視程距離 30 [m] : 距離 25[m]）

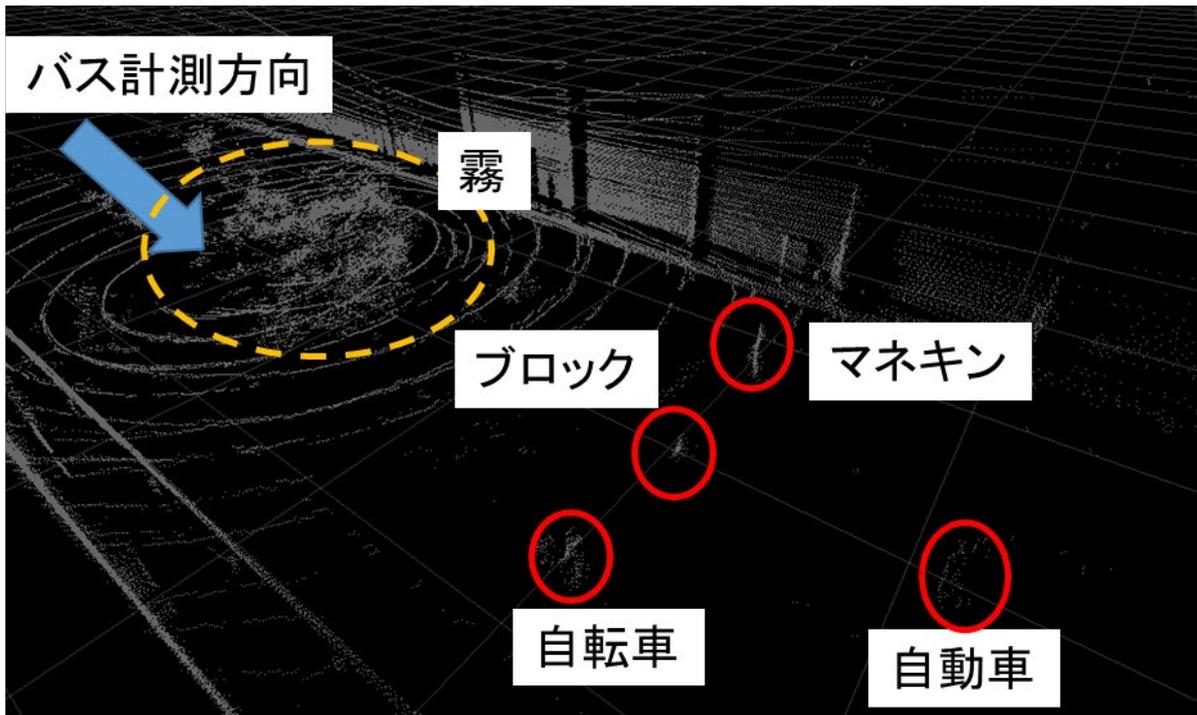


図 4-36 LiDAR 点群 (視程距離 80 [m] : 距離 25[m])

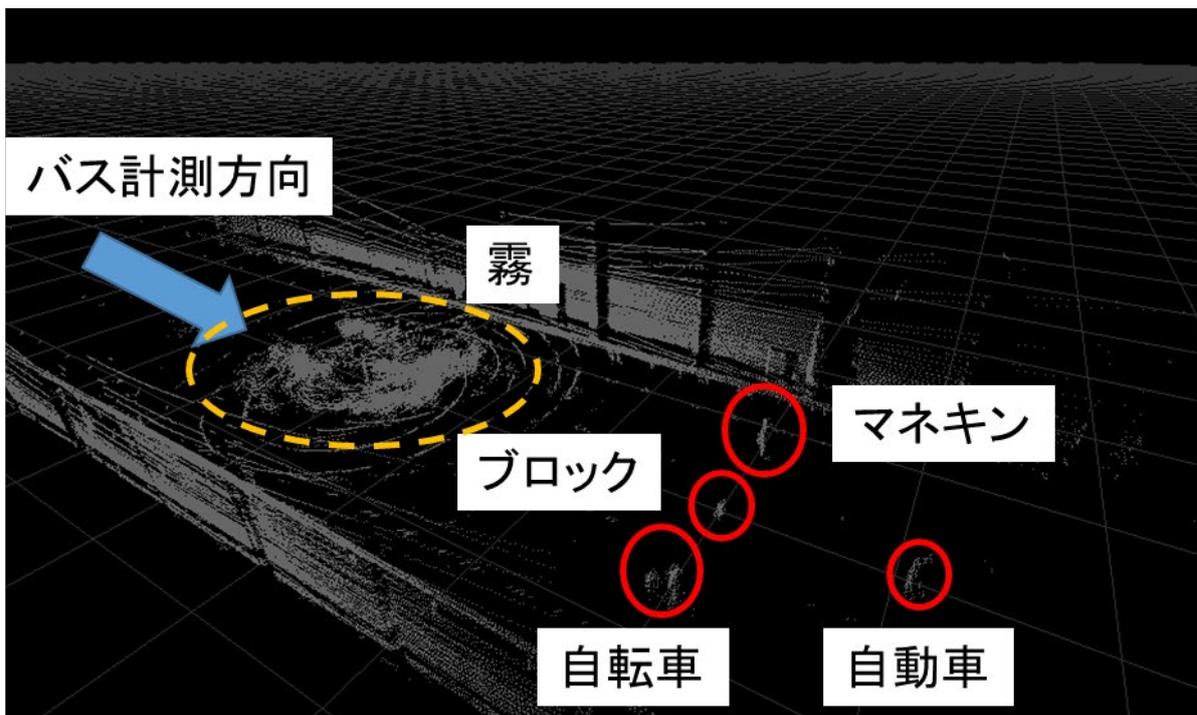


図 4-37 LiDAR 点群 (視程距離 50 [m] : 距離 25[m])

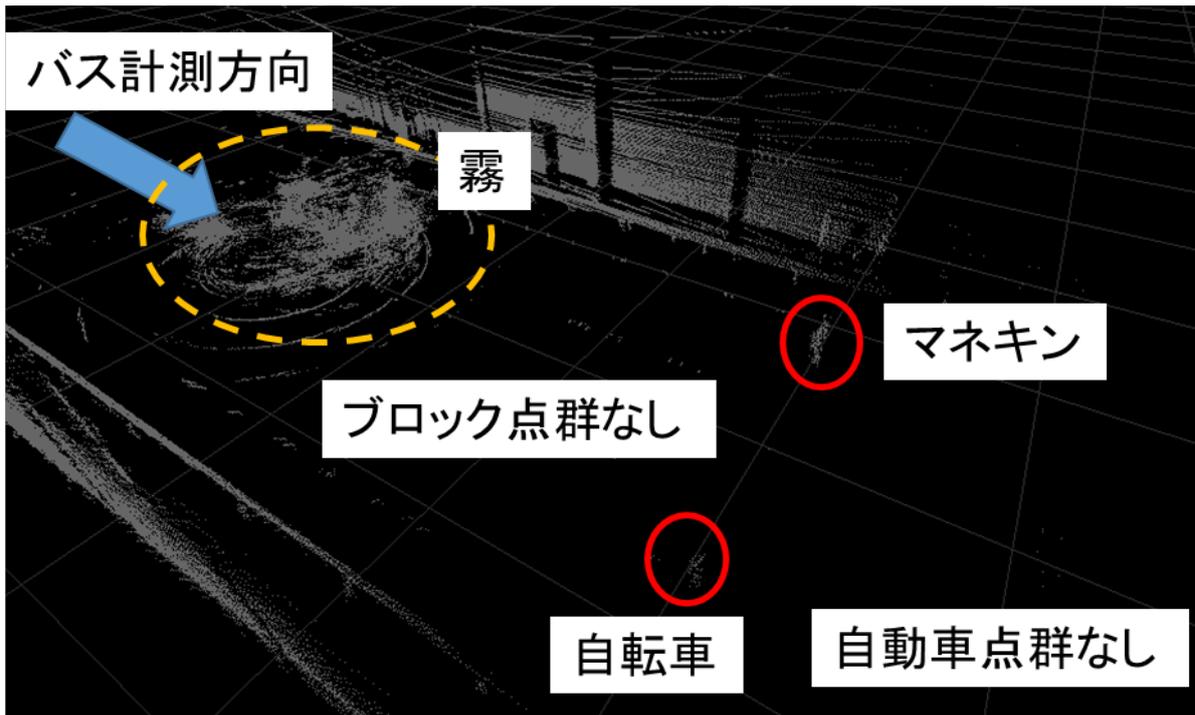


図 4-38 LiDAR 点群（視程距離 30 [m] : 距離 25[m]）

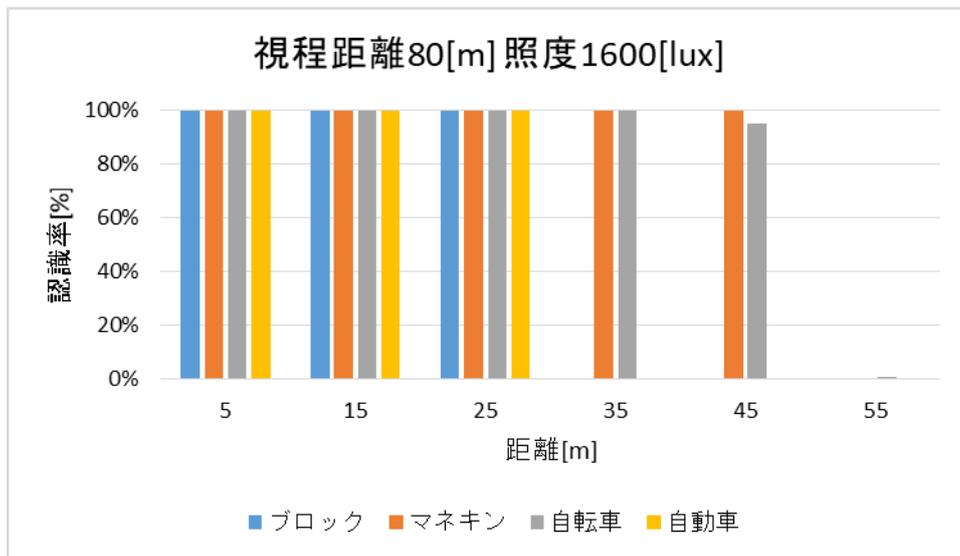


図 4-39 視程距離 80[m]照度 1600 [lux]のときの認識率

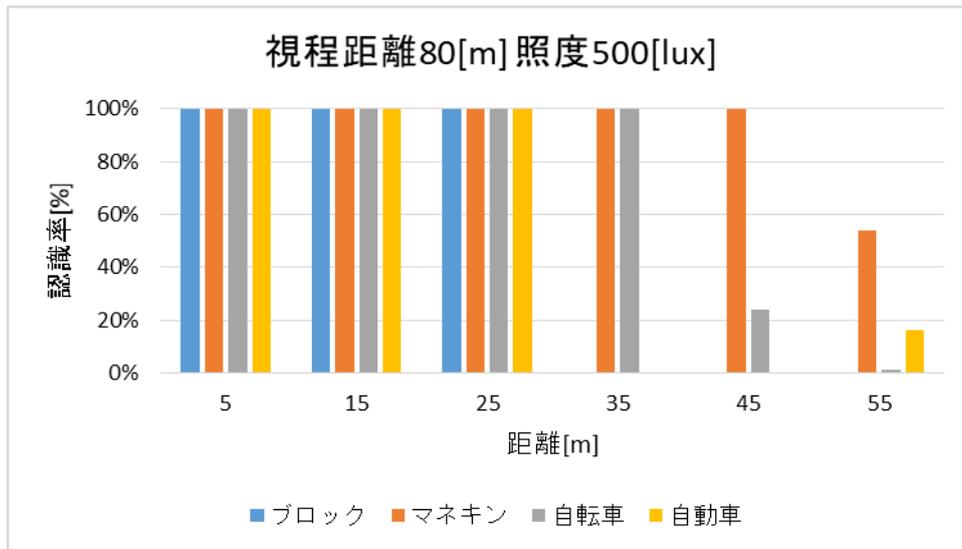


図 4-40 視程距離 80[m]照度 500 [lux]のときの認識率

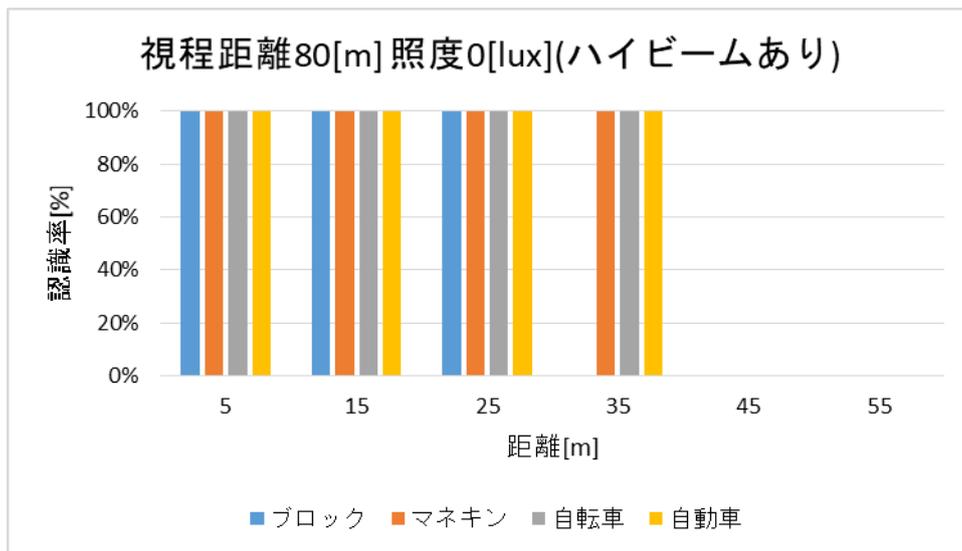


図 4-41 視程距離 80[m]照度 0 [lux](ハイビームあり)のときの認識率

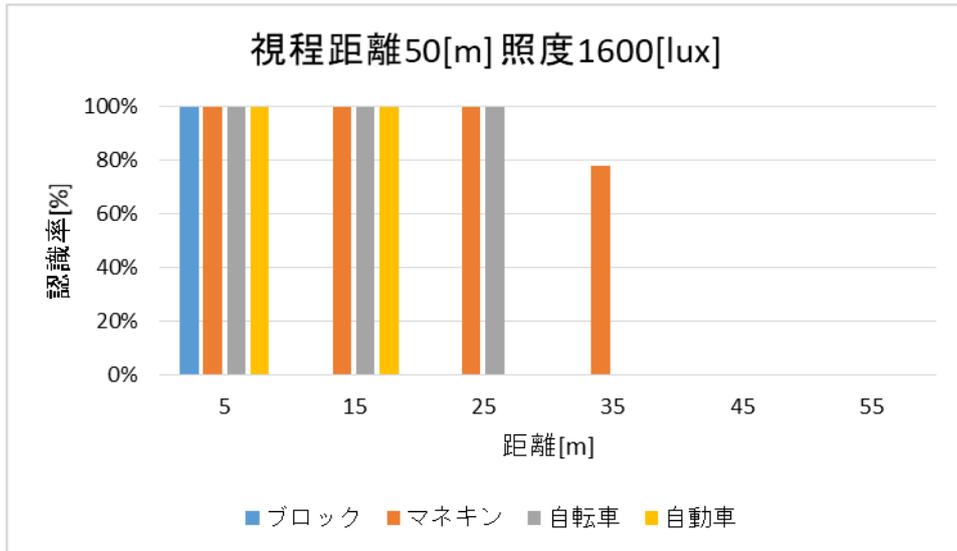


図 4-42 視程距離 50[m]照度 1600 [lux]のときの認識率

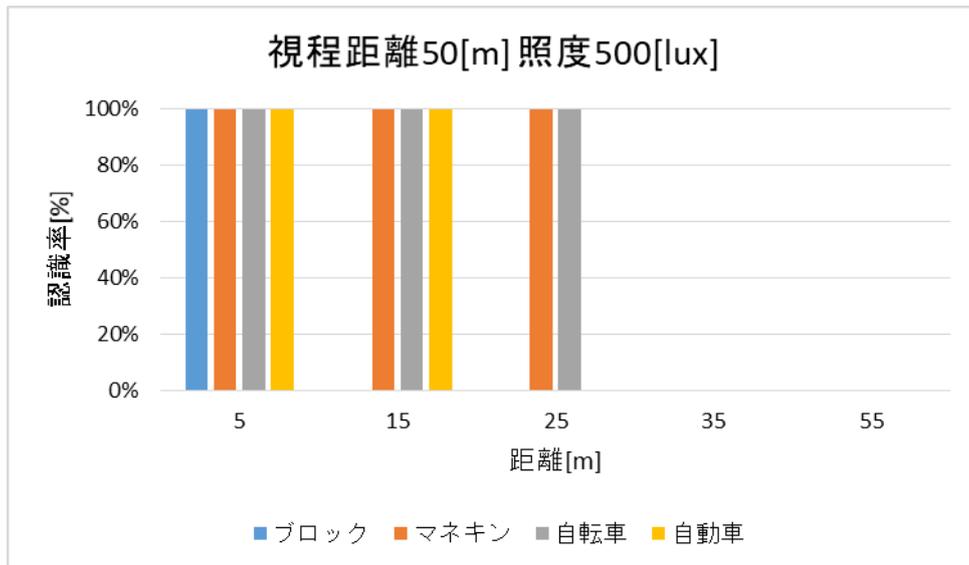


図 4-43 視程距離 50[m]照度 500 [lux]のときの認識率

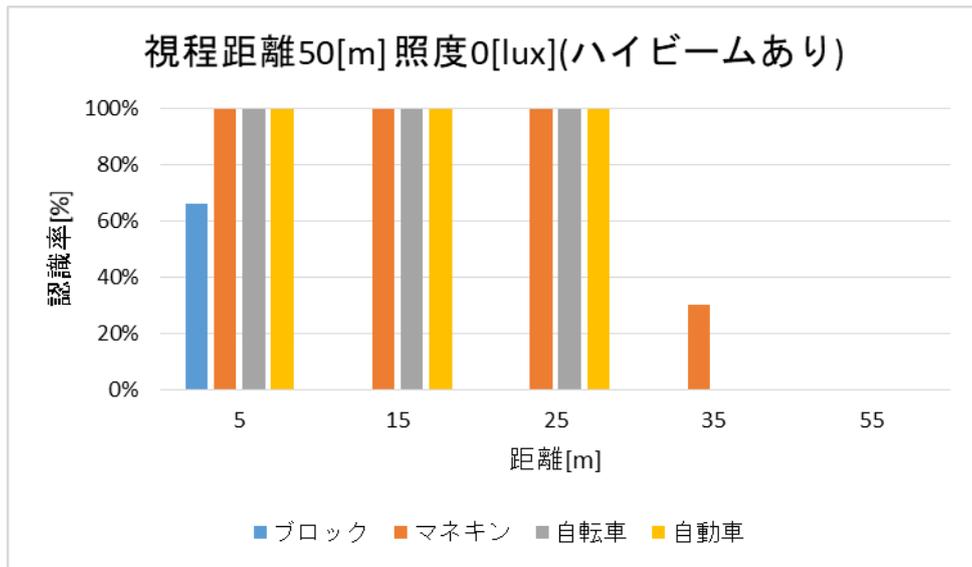


図 4-44 視程距離 50[m]照度 0 [lux](ハイビームあり)のときの認識率

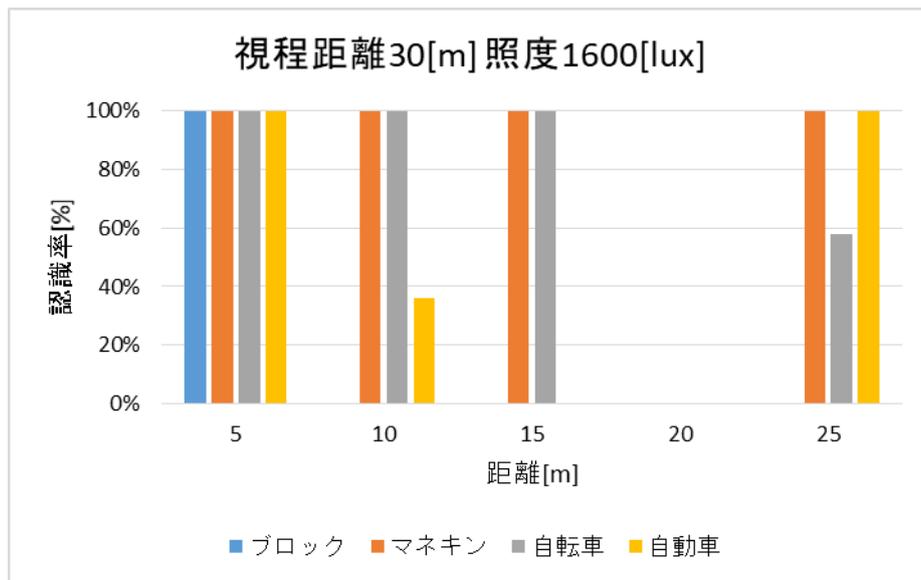


図 4-45 視程距離 30[m]照度 1600 [lux]のときの認識率

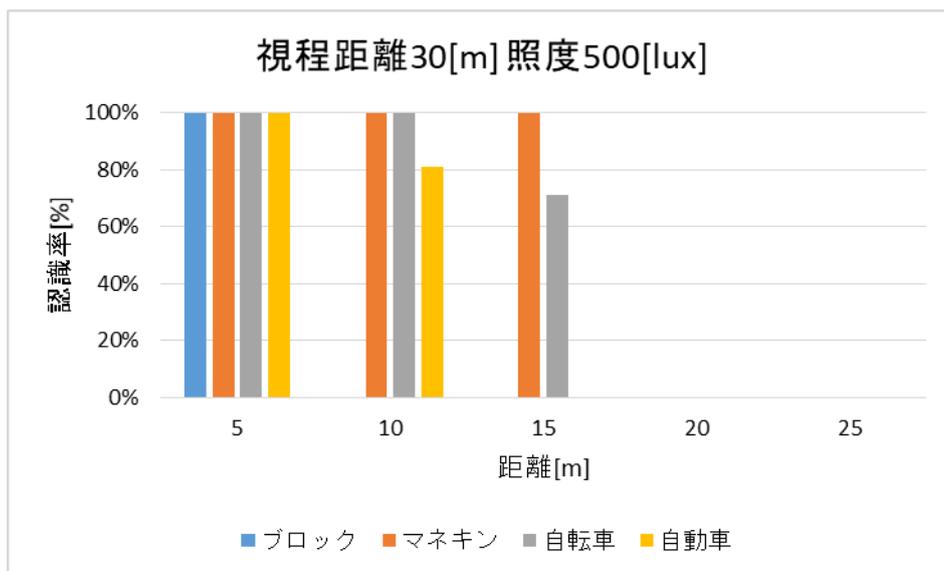


図 4-46 視程距離 30[m]照度 500 [lux]のときの認識率

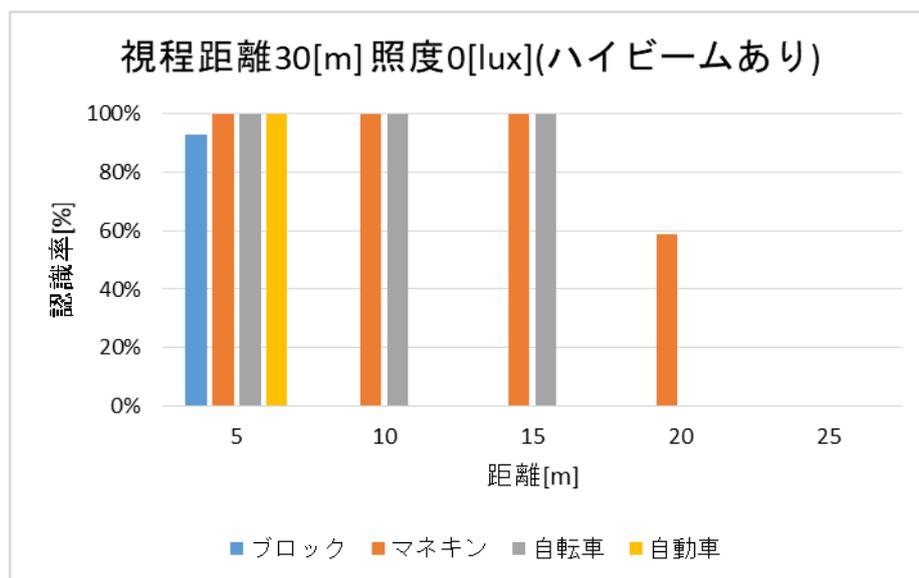


図 4-47 視程距離 30[m]照度 0 [lux](ハイビームあり)のときの認識率

#### 結果について

霧が濃くなるにつれて認識率は低下した。霧が濃くなるにつれてカメラで対象を捉えることが困難になり、LiDAR も空気中の水滴に反応して降雨時よりも顕著に遠方の物体の点群が減少した。今回の霧試験で一番霧が薄い視程距離 80m の場合でも認識できる距離は 40m 程となった。

また、霧環境下では LiDAR 点群画像に示すように、霧に反応して計測車両を取り囲むように点群の壁ができてしまう。LiDAR がこの霧の壁を障害物として誤認識して車両が発進できない状況になると考えられる。

□霧濃度変化試験（側方領域の物体認識評価）

T字路での側方からの接近物を想定して、計測車両の右方向にマネキン、自転車、自動車を配置した。照度は1600 [lux]とし、霧の濃度を示す視程距離を3段階（80 [m]、50 [m]、30 [m]）変化させた。このときの認識率のグラフを以下に示す。

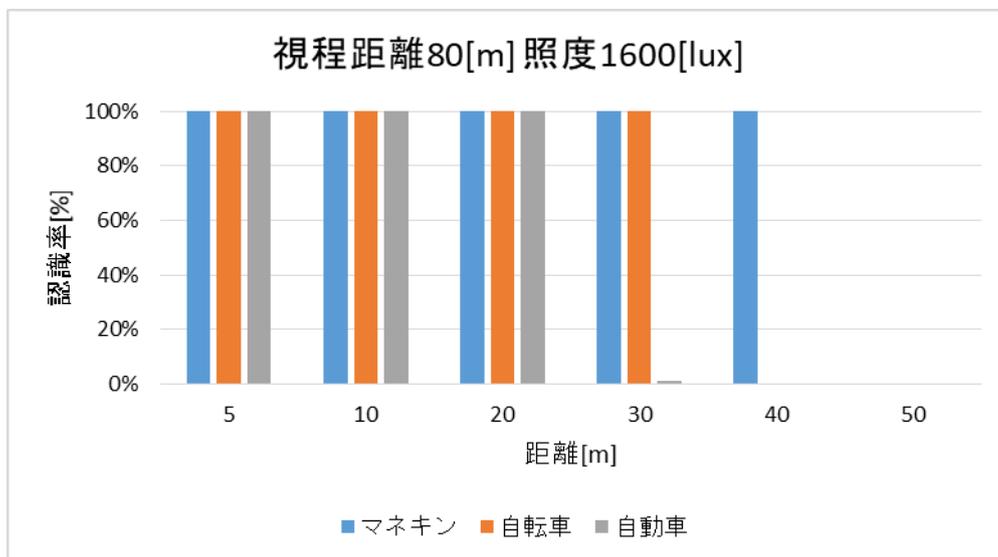


図 4-48 視程距離 80[m]照度 1600 [lux]のときの認識率

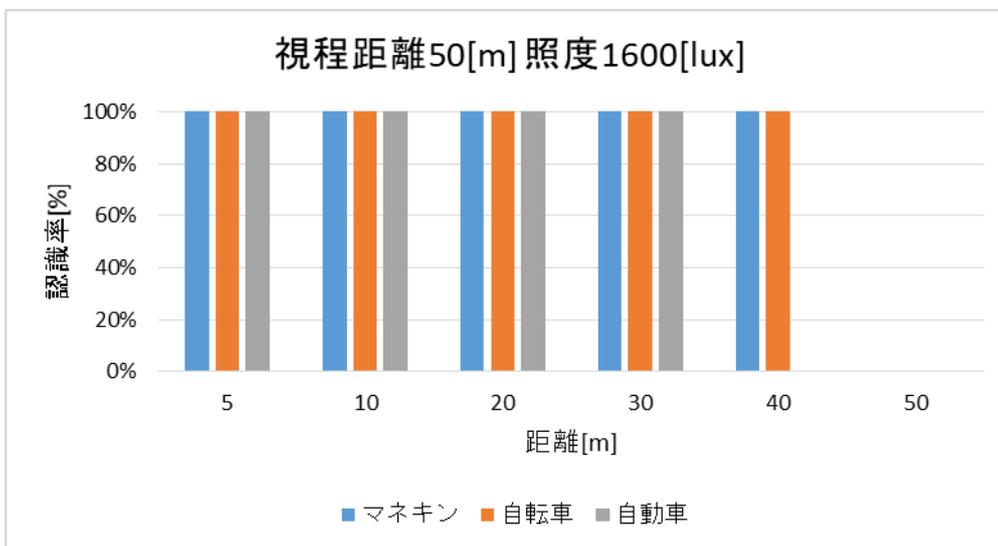


図 4-49 視程距離 50[m]照度 1600 [lux]のときの認識率

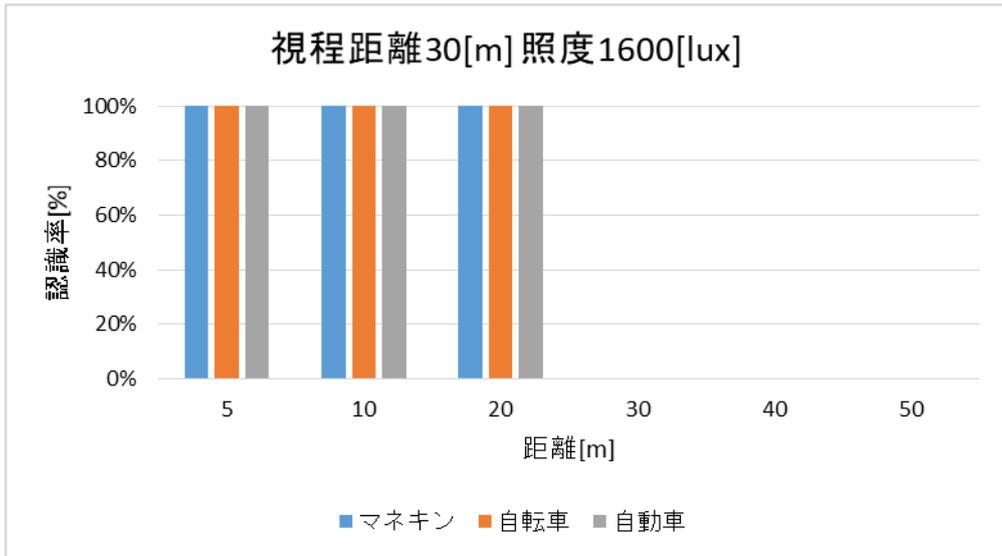


図 4-50 視程距離 30[m]照度 1600 [lux]のときの認識率

結果について

LiDAR が空気中の水滴に反応して対象物の点群が著しく減少するため、霧の濃度が上がるにつれて認識率が低下した。前方領域の認識性能と同様に、今回の試験で一番霧が薄い視程距離 80m の場合でも認識できる距離は 40m 程度までとなった。

□霧濃度変化と距離による信号認識の評価

●V2X 市街地での物体認識試験

日本自動車研究所（JARI）のテストコースである V2X 市街地を使用して障害物認識試験を実施した。

□障害物の前方検出性能

計測車両が速度 40[km/h]、60[km/h]の速度で走行したときのコンクリートブロック、歩行者、自転車に対する物体認識性能を評価した。歩行者および自転車は UFO を用いて歩行者は時速 5[km/h]、自転車は時速 15[km/h]で計測車両と（並行、対向）に移動させた。

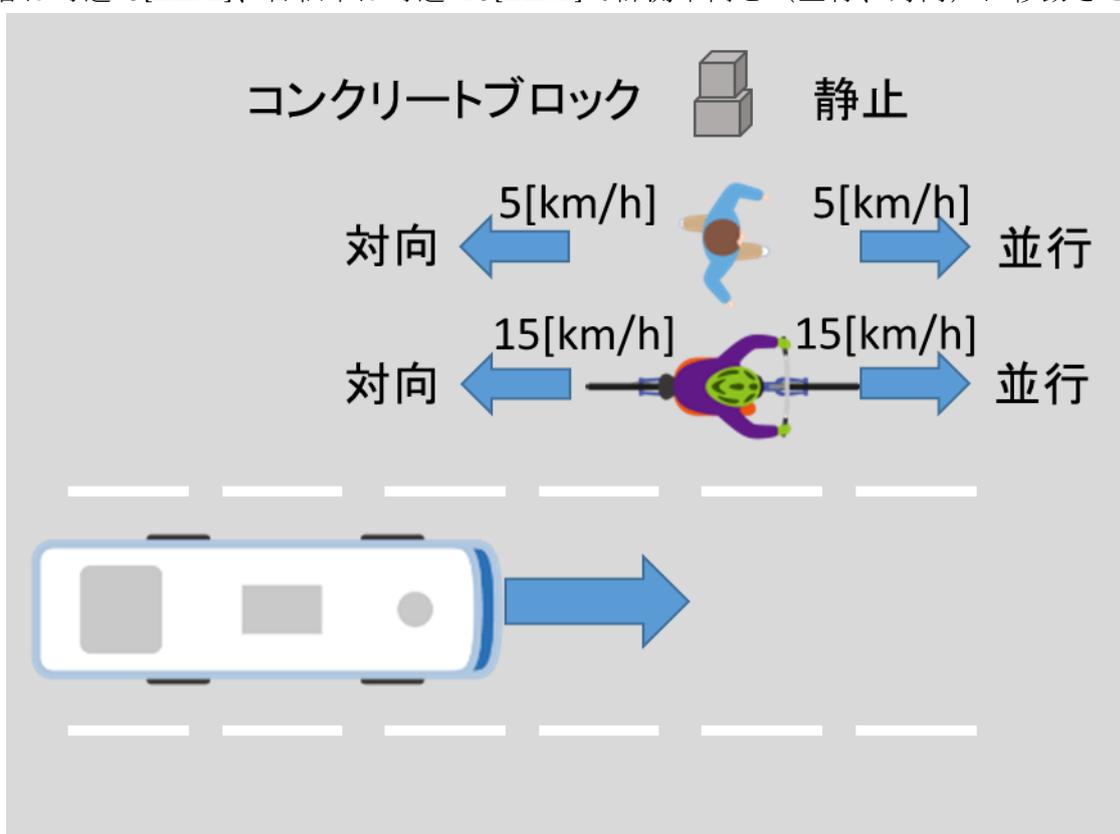


図 4-51 試験概要図



図 4-52 試験風景（歩行者）



図 4-53 試験風景（自転車）



図 4-54 試験風景（コンクリートブロック）

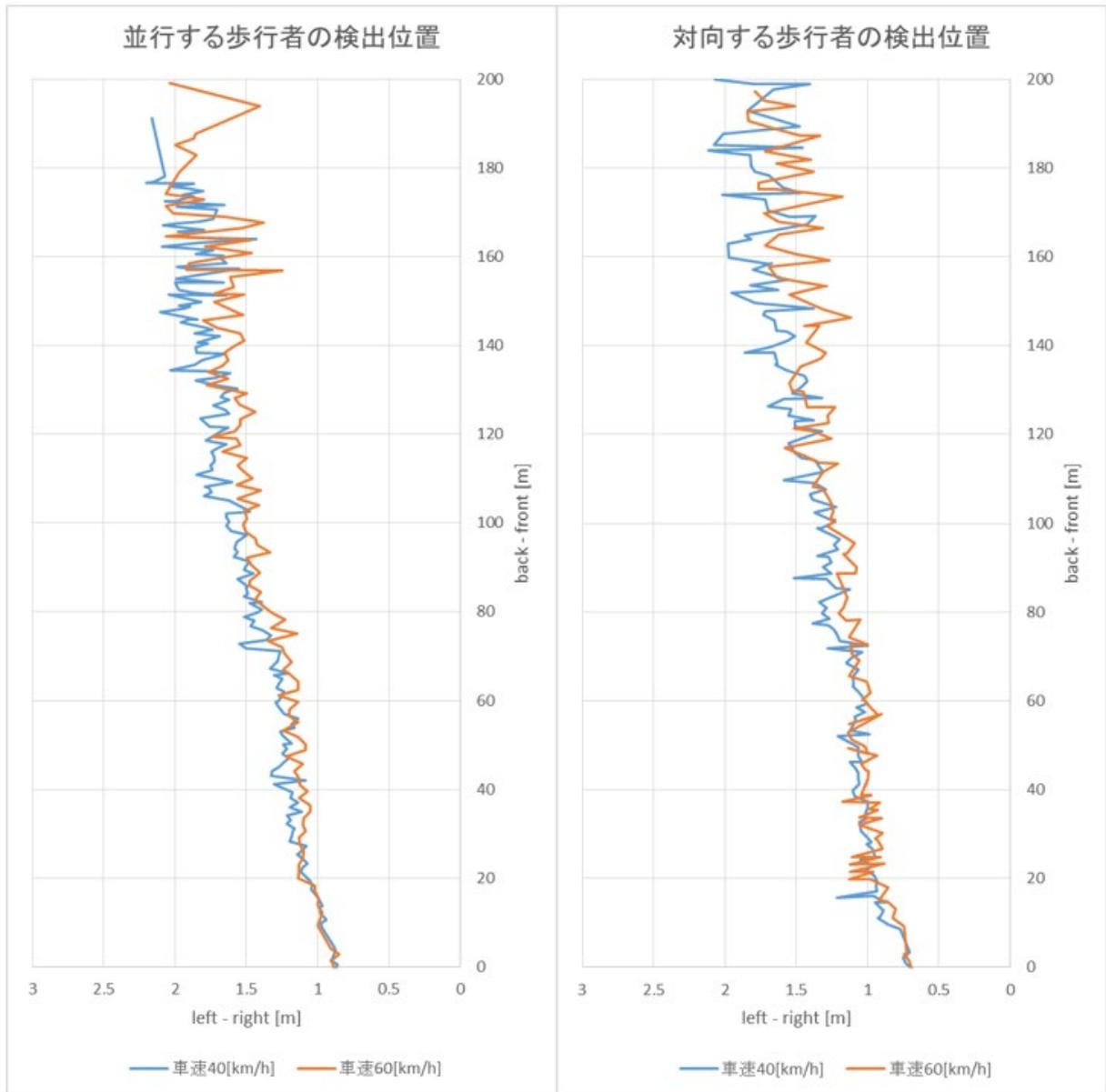


図 4-55 歩行者の検出位置（左：並行、右：対向）

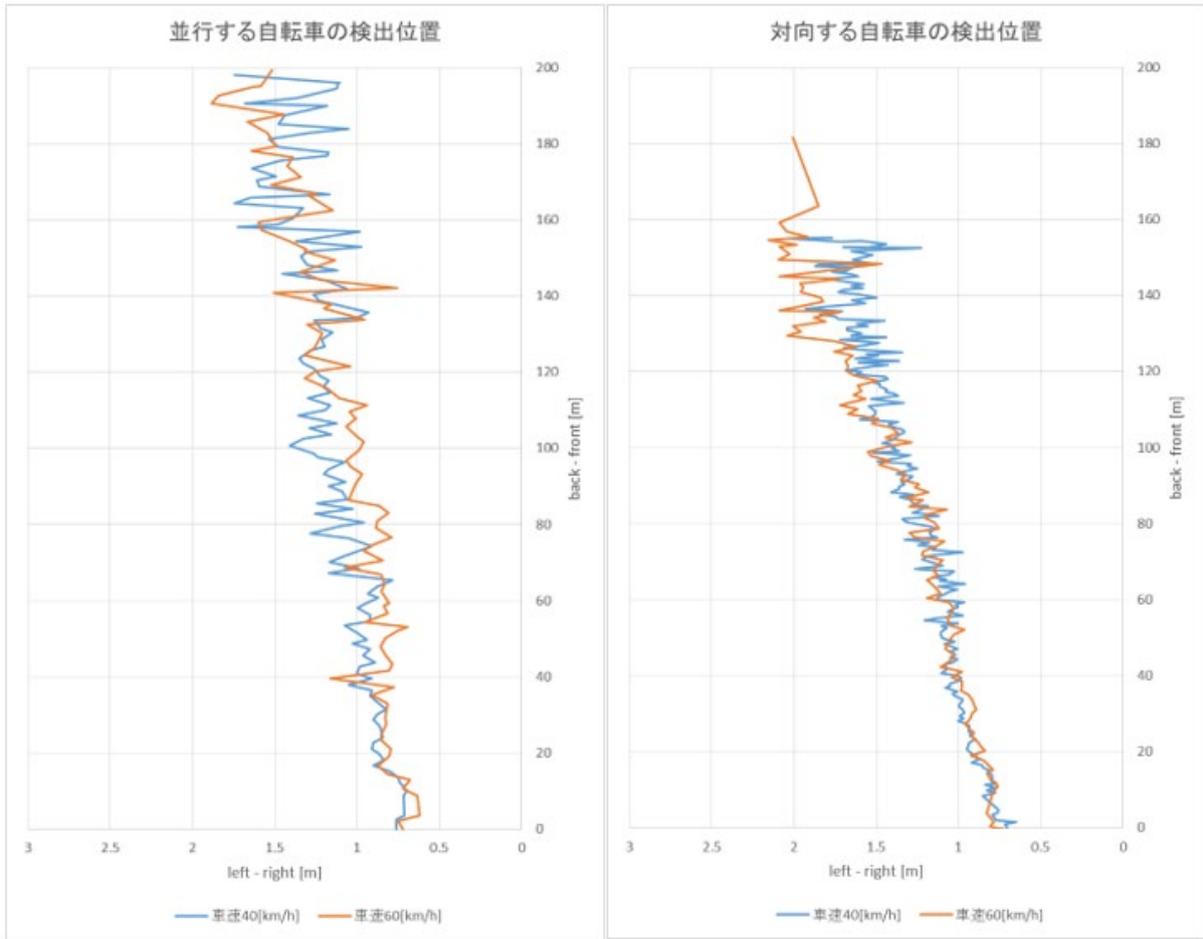


図 4-56 自転車の検出位置（左：並行、右：対向）

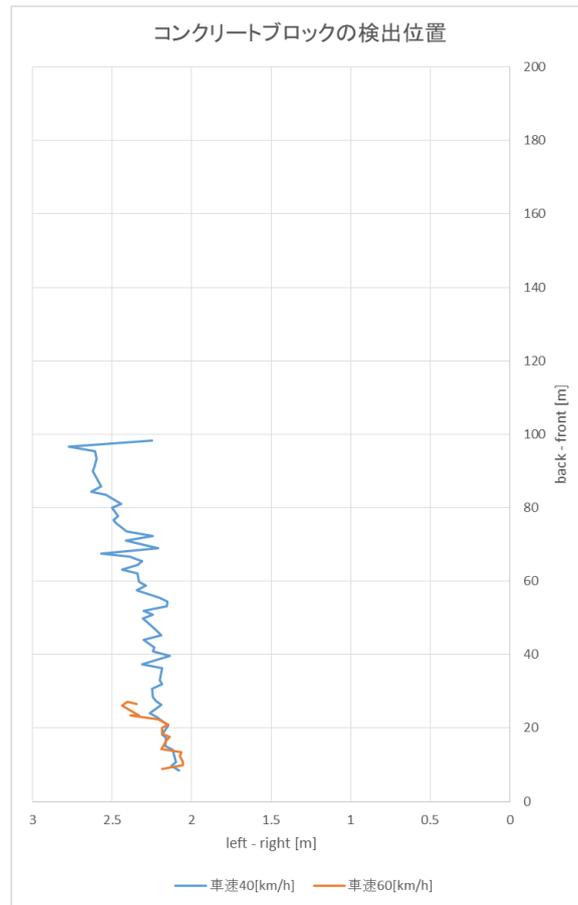


図 4-57 コンクリートブロックの検出位置

結果について

歩行者と自転車は 100[m]以上の距離から安定して検出できた。検出位置の横方向のばらつきは遠方では大きいですが、近づくにつれてばらつきは小さくなっている。コンクリートブロックに関しては計測車両が時速 40[km/h]のときは 100[m]近い距離から検出できていたが、時速 60[km/h]のときは 30[m]ほどの距離からしか検出できなかった。コンクリートブロックの検出位置の横方向のばらつきも遠方では大きいですが、近づくにつれてばらつきは小さくなっている。

#### □ガードレール外の物体の認識性能評価

ガードレールの外側を車両の走行方向に対して対向または並行に移動する歩行者について、物体認識性能を評価した。計測車両は 10 [km/h]と 40 [km/h]の 2 パターンの速度で走行した。

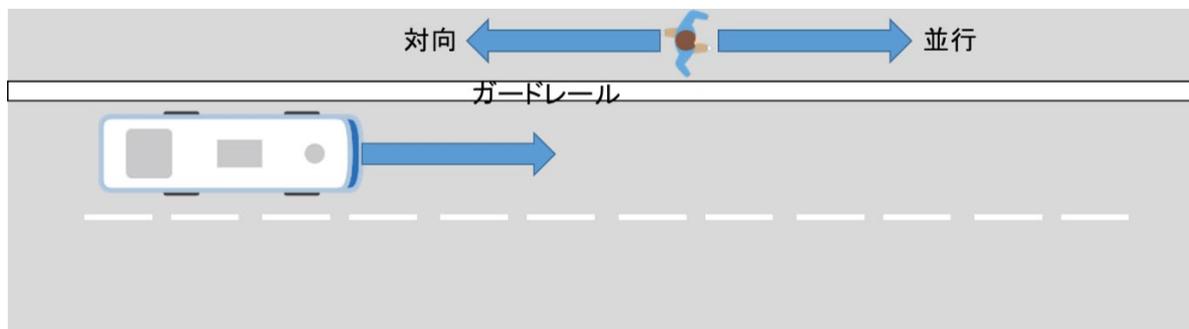


図 4-58 試験概要図



図 4-59 試験風景（ガードレールの外を歩く歩行者）

#### 結果について

カメラで歩行者を認識することはできたが、今回の試験環境では歩行者の周囲の雑草にも LiDAR 点群が生じるため、歩行者の点群だけを分離抽出することができず、距離を正しく検出することができなかった。

□見通しの悪い交差点区間における側方からの接近物に対する物体認識性能評価

遮蔽物としてコンテナを配置した交差点区間において右側から接近する歩行者、自転車、自動車の物体認識性能を評価した。計測車両はコンテナの陰から車両前端を少し出した状態で停車させ、歩行者は 5[km/h]、自転車は 15[km/h]、自動車は 10 [km/h]、40 [km/h]、60 [km/h]を目標速度とし接近した。

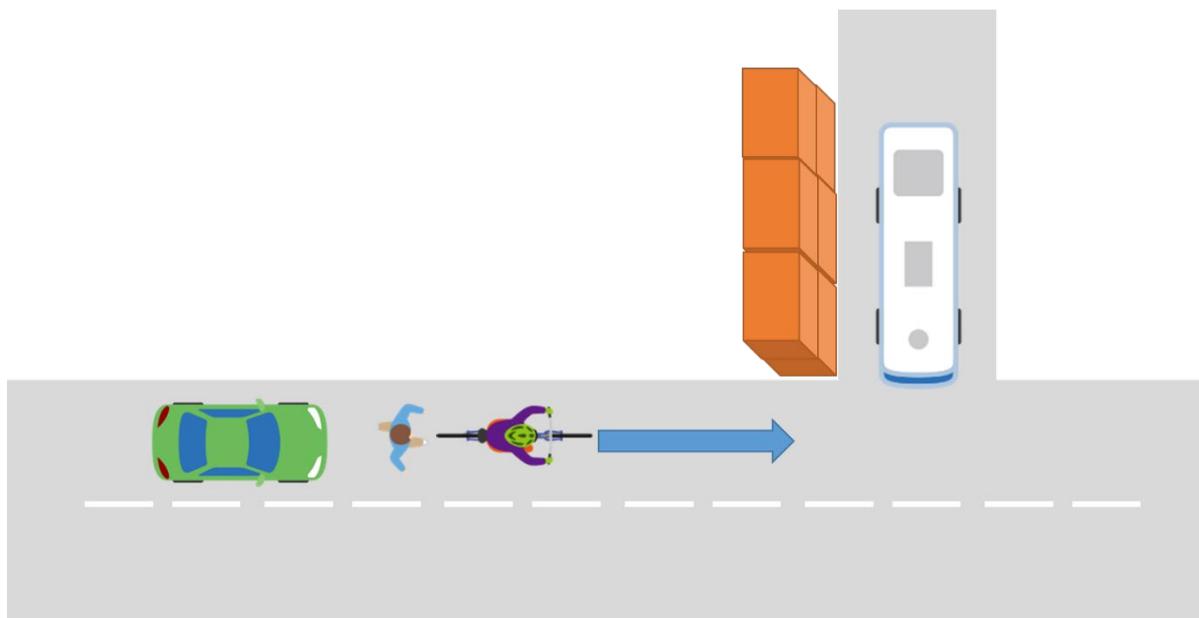


図 4-60 試験概要



図 4-61 試験風景

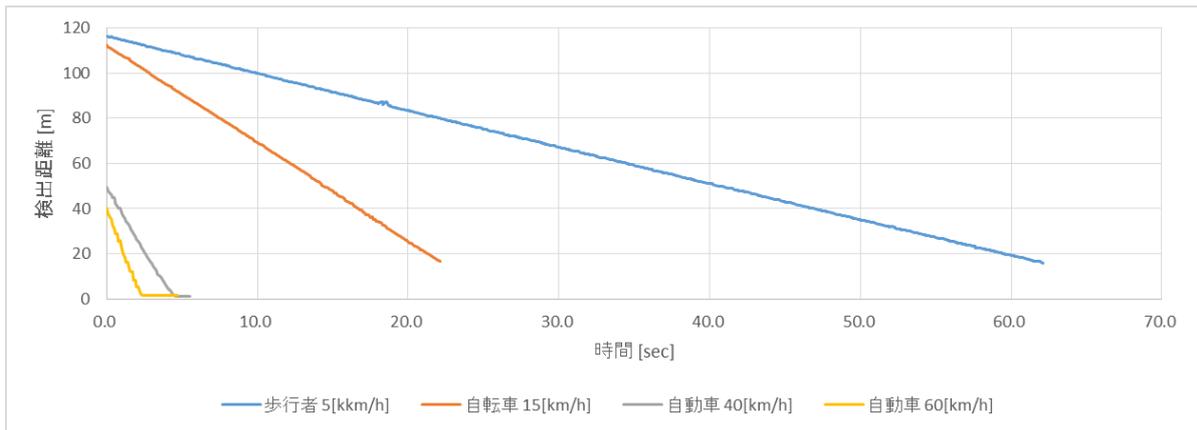


図 4-62 側方からの接近物に対する検出距離

結果について

歩行者および自転車は 100[m]以上の距離から検出できた。自動車に関しては 40[m]ほどの距離からしか検出できなかった。歩行者や自転車は高さ方向に点群が分布するため、立体物として認識し易く、自動車はフロントガラスに点群が生じないため、車体の低い位置にわずかに点群が生じるだけであり、立体物として認識を確定するのに時間を要し検出開始距離が短くなった。車高の低い自動車に対する遠方認識を改善するため、車体前方部分に側方検出カメラの取り付けを検討する。カメラによる検出と組み合わせることによって少ない点群での認識確定を目指す。

□見通しの悪いカーブ区間における物体認識性能評価

コンテナによって先の見通しが悪いカーブを曲がった先にマネキンと自動車を配置し、計測車両は速度 10[km/h]でカーブ区間に侵入して曲がったときの物体認識性能を評価した。

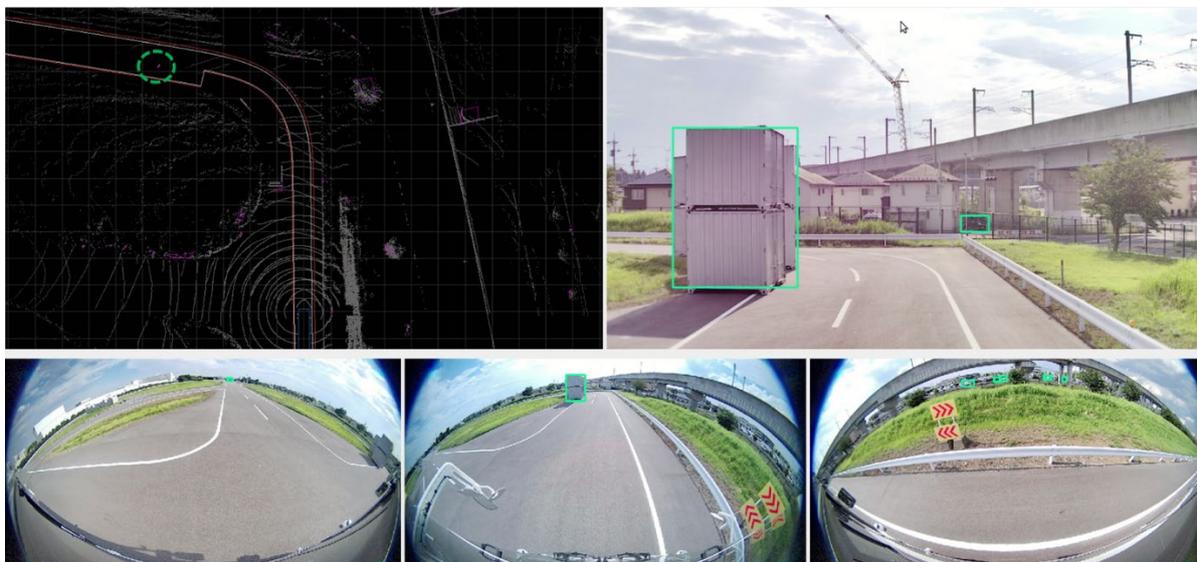


図 4-63 カーブ区間侵入前のシーン（対象物：マネキン）

LiDAR でカーブを曲がった先にあるマネキンを検出できている。



図 4-64 カーブ区間への差し掛かりシーン（対象物：マネキン）

コンテナに視界を遮られているため、マネキンは検出できない。

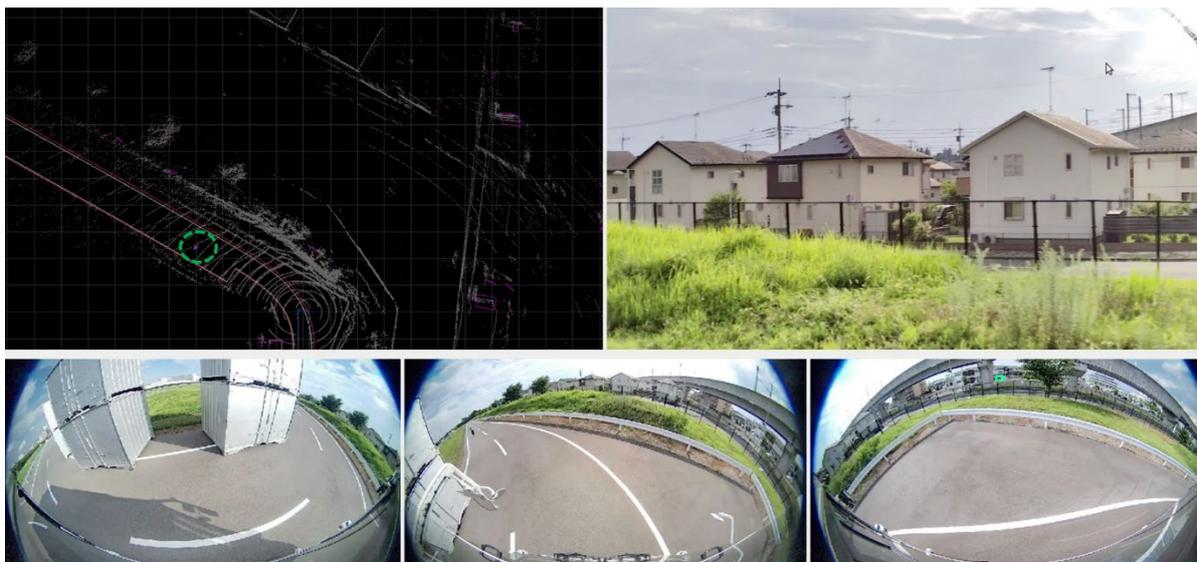


図 4-65 カーブ区間を抜けるシーン（対象物：マネキン）

車両前方カメラがマネキンを視界の端に捉え始めるも検出できていない。一方 LiDAR ではコンテナによる遮蔽が無くなってすぐに検出できた。

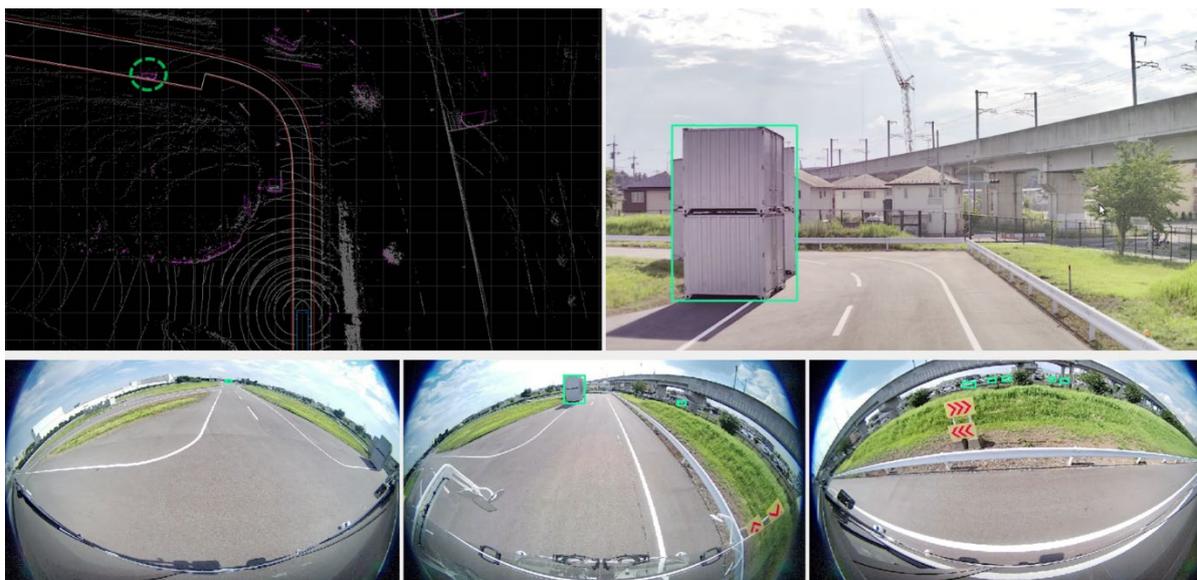


図 4-66 カーブ区間侵入前のシーン（対象物：自動車）

LiDAR でカーブを曲がった先にある自動車を検出できている。

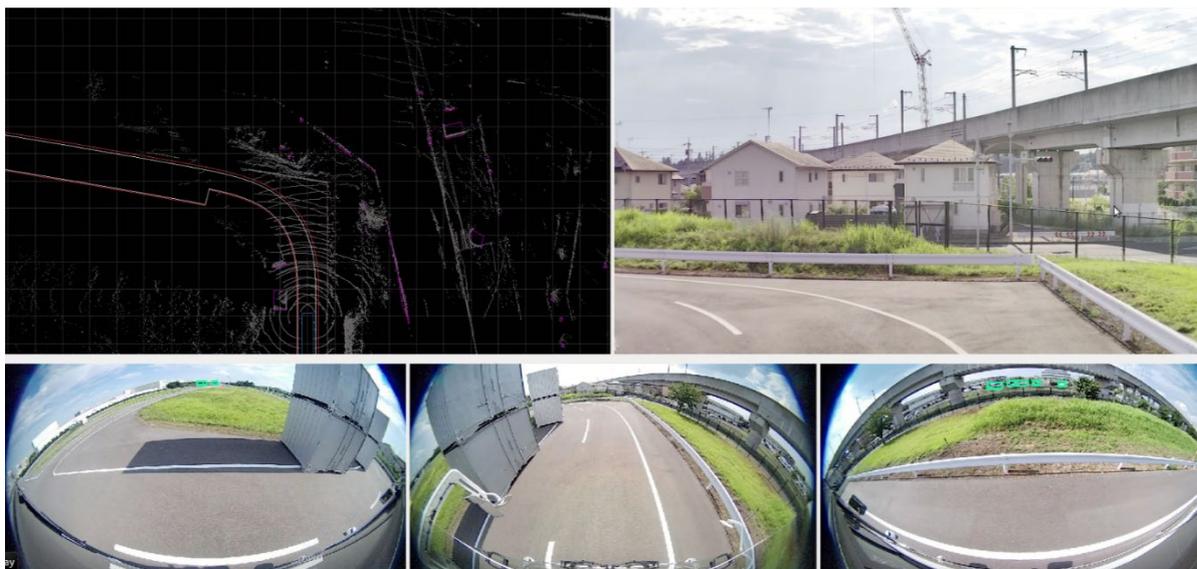


図 4-67 カーブ区間への差し掛かりシーン（対象物：自動車）

コンテナに視界を遮られているため、自動車は検出できない。

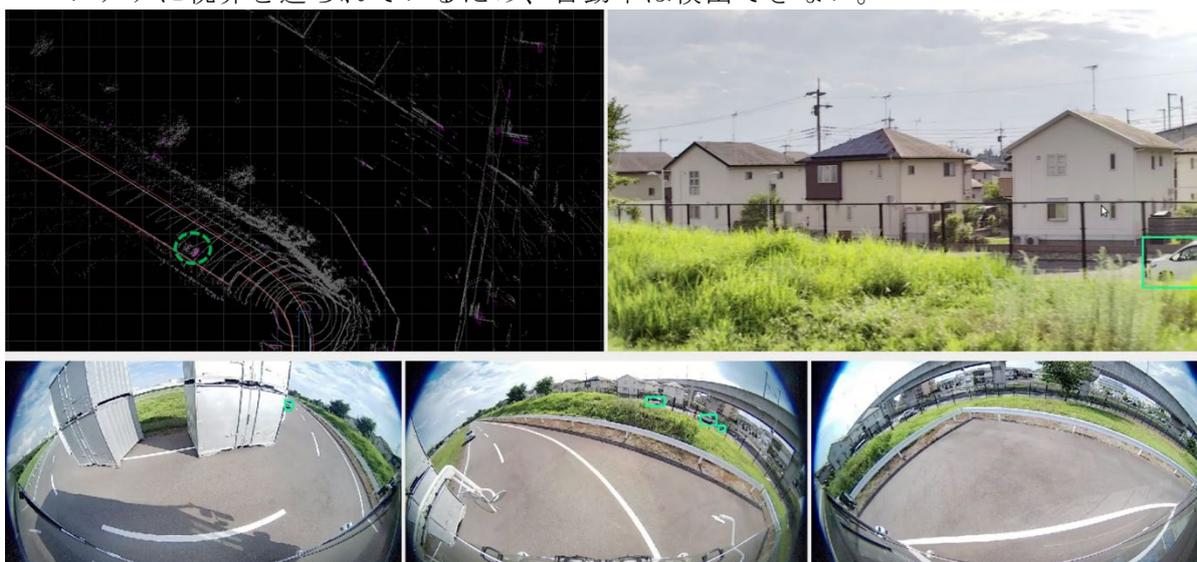


図 4-68 カーブ区間を抜けるシーン（対象物：自動車）

車両前方カメラが自動車を視界の端に捉え始めるも検出できていない。一方 LiDAR ではコンテナによる遮蔽が無くなってすぐに検出できた。

□見通しの悪いカーブ区間からの接近物に対する認識性能評価

歩行者、自転車、自動車が見通しの悪いカーブ区間の先から低速で接近してくるときの物体認識性能を評価した。計測車両はカーブ区間より手前で停車しており、カーブ区間より先のコンテナの陰から飛び出してくる形で障害物が現れる。

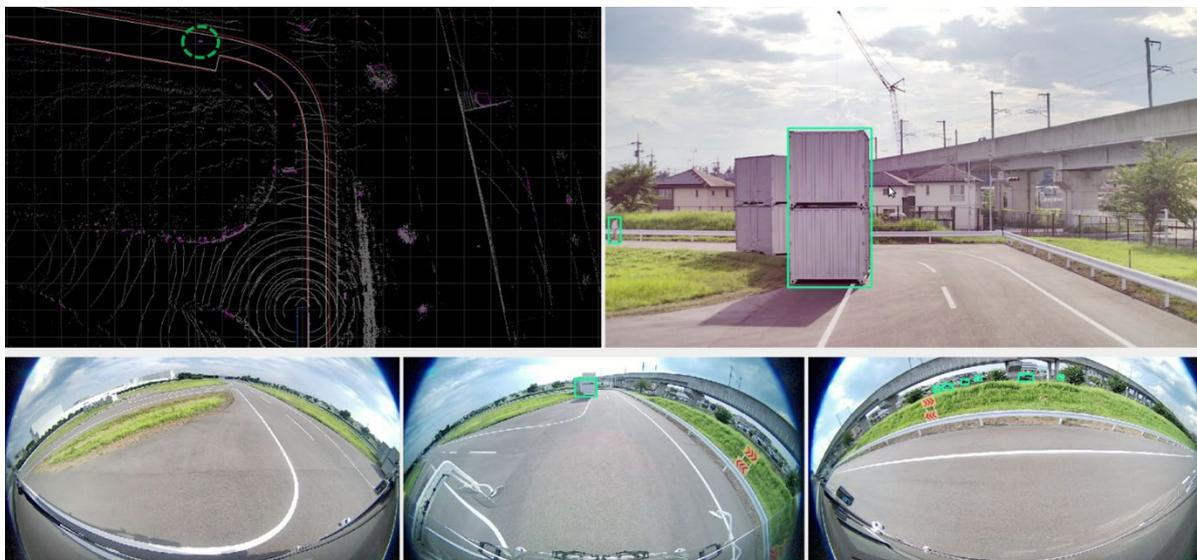


図 4-69 歩行者がカーブ区間に侵入する前のシーン

コンテナによって遮られていないため、カメラと LiDAR で歩行者を検出できた。

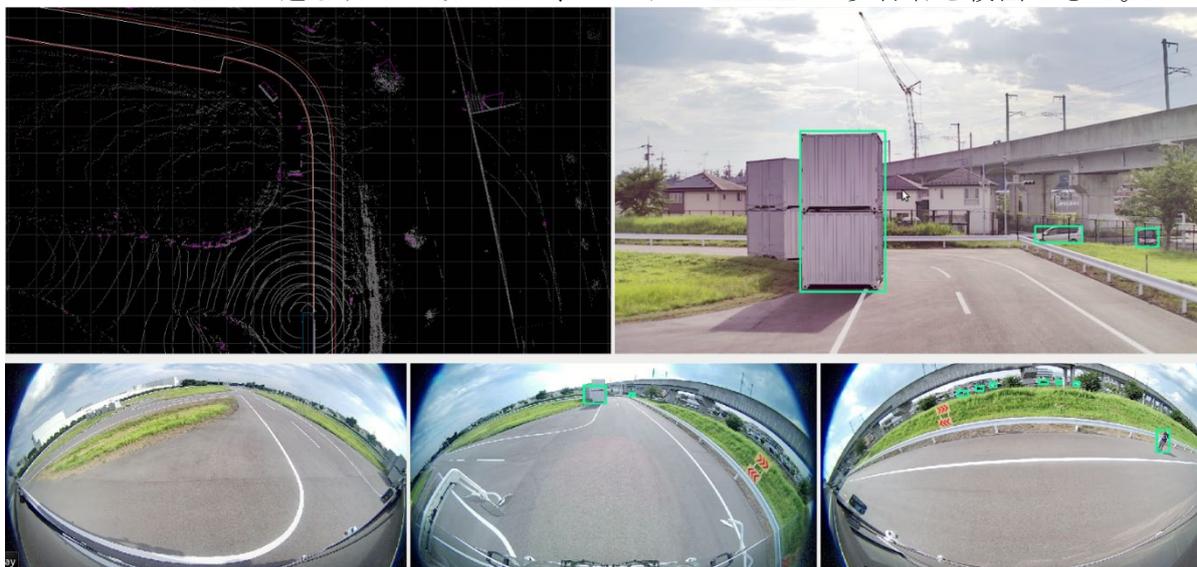


図 4-70 歩行者がカーブ区間に差し掛かったシーン

コンテナによって遮蔽されており、歩行者を検出することができない。

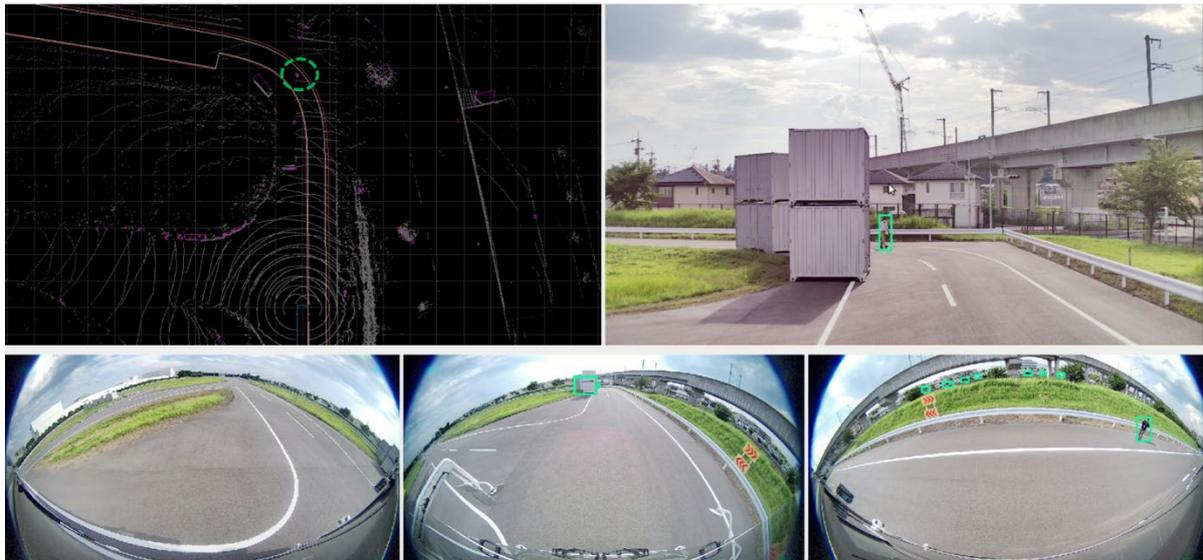


図 4-71 歩行者がコンテナ陰から出てきたシーン

コンテナ陰から歩行者が出てきてすぐにカメラと LiDAR で検出できた。

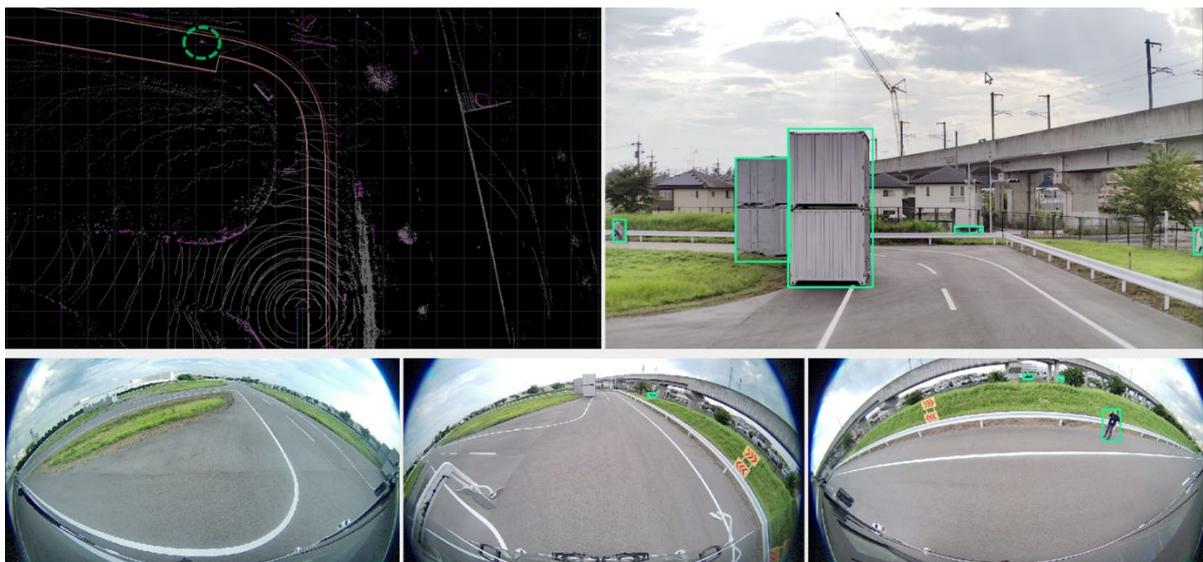


図 4-72 自転車がカーブ区間に侵入する前のシーン

コンテナによって遮られていないため、カメラと LiDAR で自転車を検出できた。

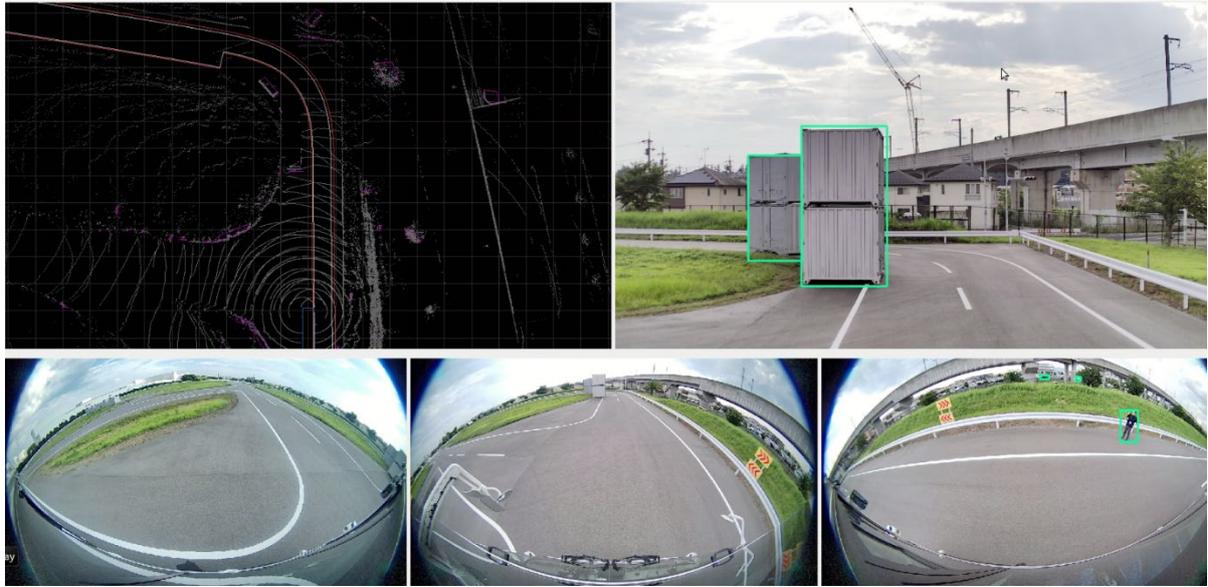


図 4-73 自転車がカーブ区間に差し掛かったシーン

コンテナによって遮蔽されており、自転車を検出することができない。

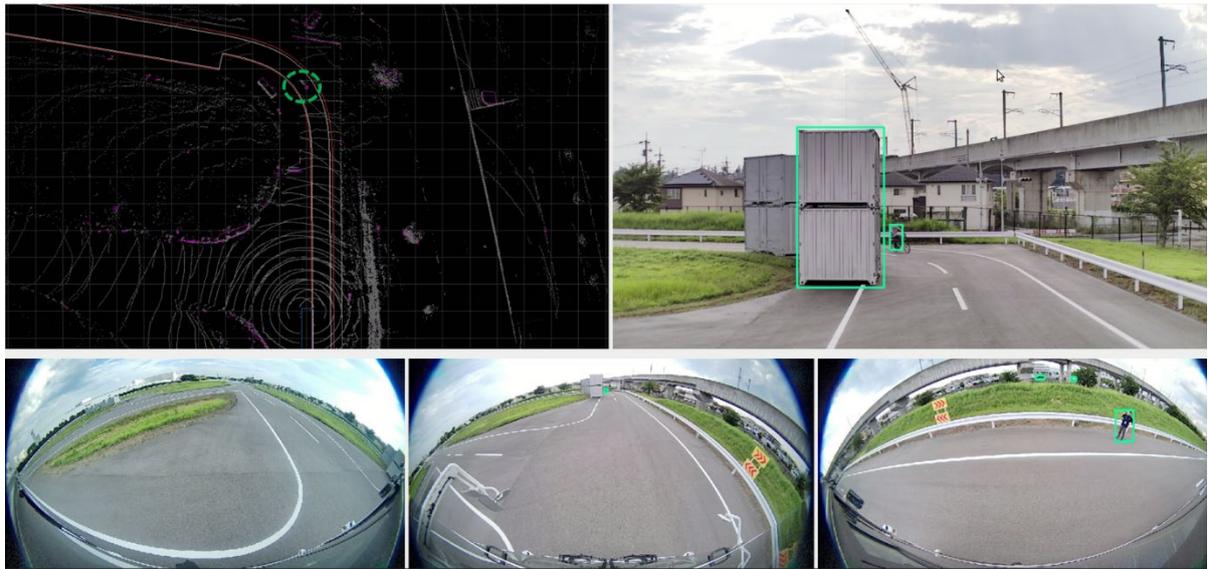


図 4-74 自転車がコンテナ陰から出てきたシーン

コンテナ陰から自転車がでてきてすぐにカメラと LiDAR で検出できた。

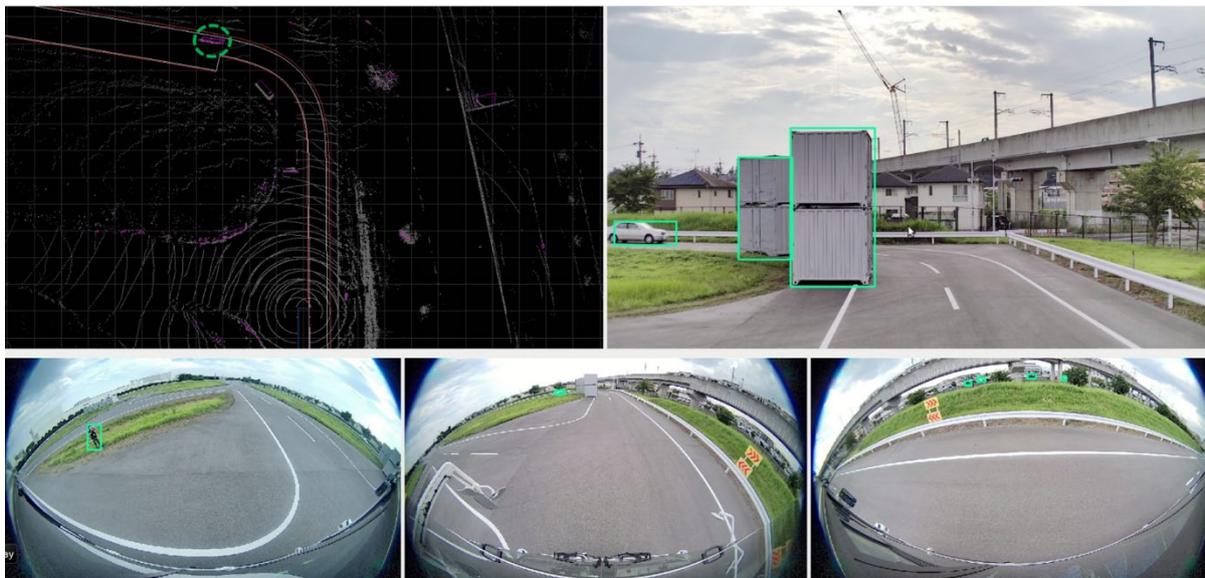


図 4-75 自動車がかurve区間に侵入する前のシーン

コンテナによって遮られていないため、カメラと LiDAR で自転車を検出できた。

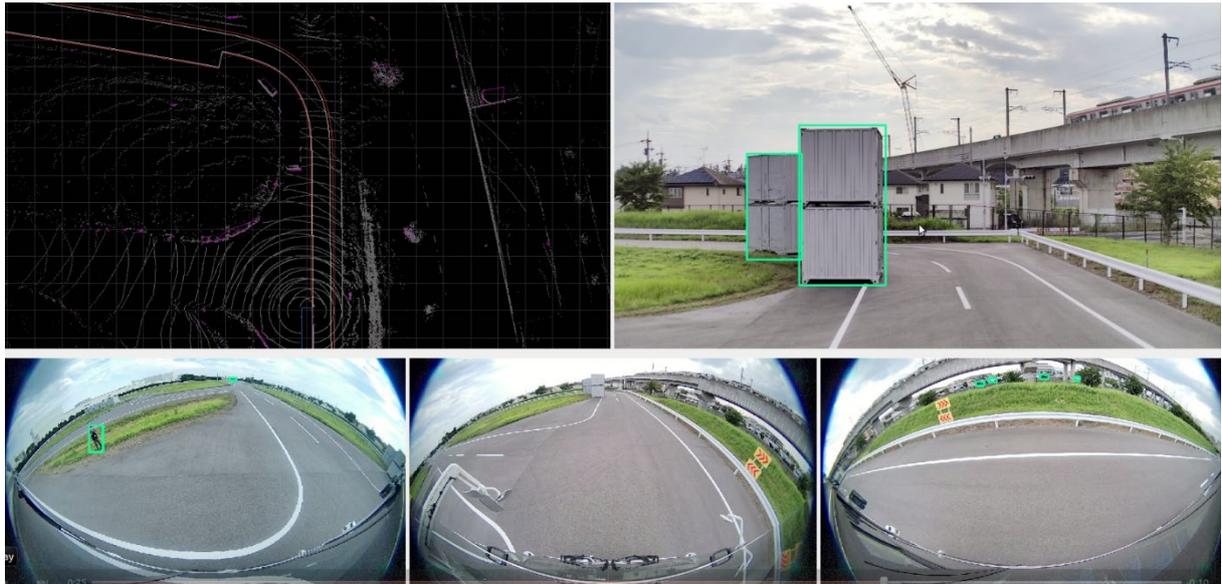


図 4-76 自動車がカーブ区間に差し掛かったシーン

コンテナによって遮蔽されており、自動車を検出することができない。

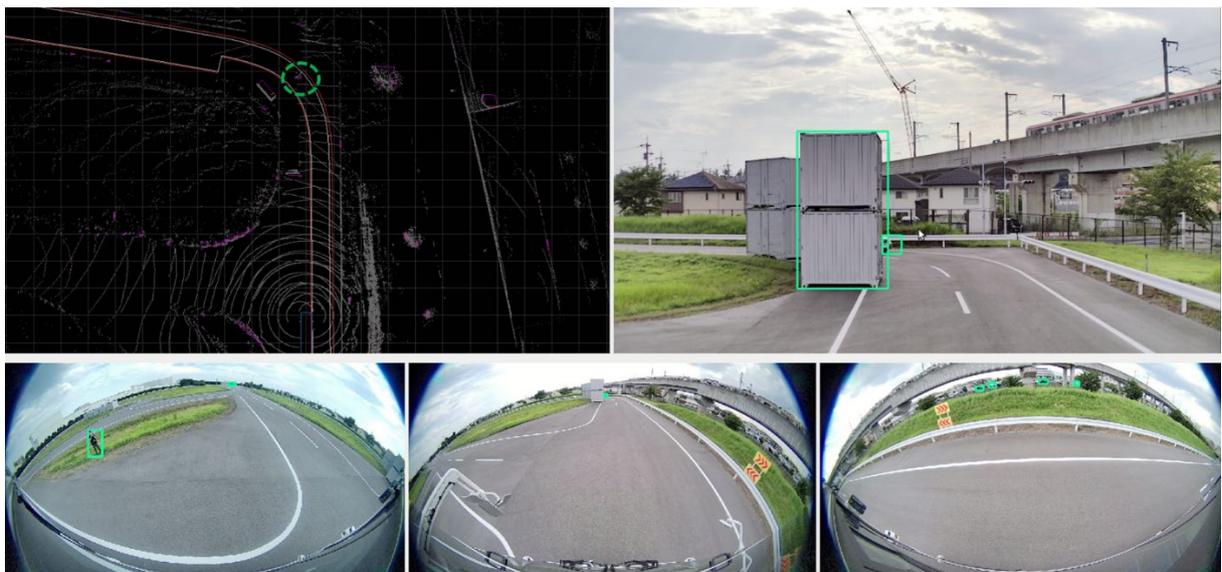


図 4-77 自動車がコンテナ陰から出てきたシーン

コンテナ陰から自動車が出てきてすぐにカメラと LiDAR で検出できた。

## 信号認識について

車両に搭載した信号認識用カメラによる認識は、カメラから得た画像にディープラーニングを用いて、赤、黄、青の信号灯色を認識している。今年度の実験では、特異環境試験場において、照度、降雨、霧環境と車両先端から信号機までの距離の組み合わせで認識状況を確認した。

認識率は、それぞれの環境条件下において信号灯色毎に次のように算出した。

$$\text{認識率[\%]} = (\text{認識できたフレーム数}) / (\text{評価に使用したフレーム数}) \times 100$$

評価に使用したフレーム数は、約 600 以上を使用した。認識できたかどうかの判定は、それぞれの信号灯色を正しく認識できたかで判定した。今回は、ディープラーニングの出力の信頼度（0～1000 に正規化）が 200 以上のものを認識できたものとして採用した。また、この評価において、各環境下での認識傾向を把握するため、ロストしたフレームを前フレーム結果で補う補間はしていない。

### □照度変化試験（信号認識の評価）

特異環境試験場において、照度を 1600[lux]、1000[lux]、700[lux]、500[lux]、500[lux]（自車両のヘッドライトのハイビームあり）、300[lux]、300[lux]（前記ハイビームあり）、0[lux]（前記ハイビームあり）のそれぞれの場合で、車両先端から信号機までの距離を変えてカメラ映像を取得し、各灯色（赤、黄、青）の認識率を測定した。距離は 15～105[m]を 10m 刻みで測定したが、1600[lux]、1000[lux]のとき以外は 45[m]、65[m]、85[m]を省いた。図 xx に各照度下で青信号をカメラ画像で認識する例を示す。またそれぞれの場合の各認識率を図 xx～xx に示す。

雨・霧なし 距離25m

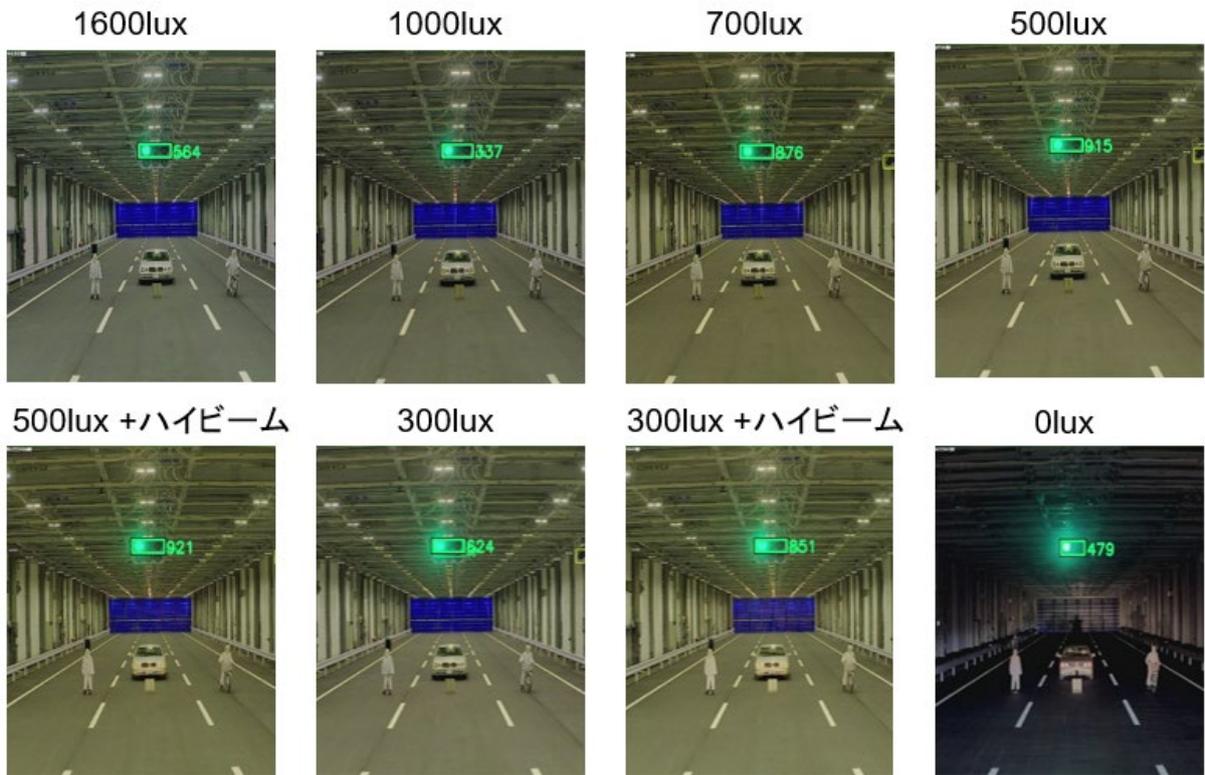


図 4-78 雨・霧なし距離 25m の各照度下で青信号をカメラ画像で認識する一例（信号の緑枠は青信号として認識したことを示す。枠横の数値は機械学習による推論の信頼度（0～1000）である。）

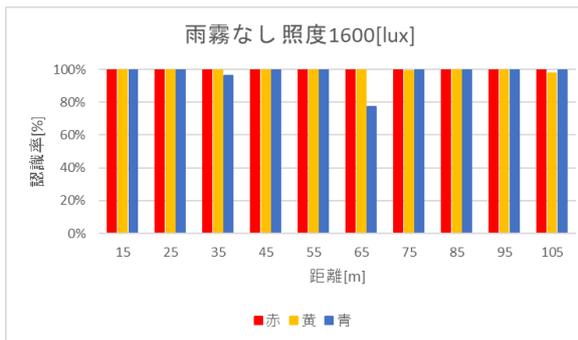


図 4-79 照度 1600[lux]下での信号認識率

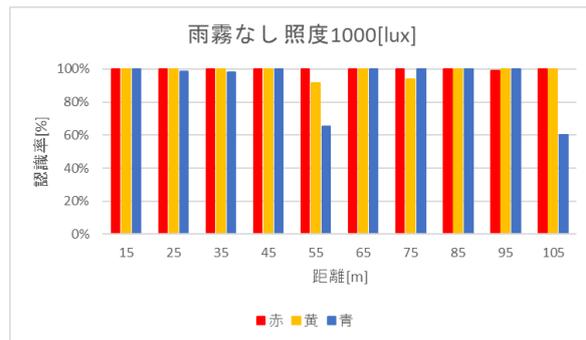


図 4-80 照度 1000[lux] 下での信号認識率

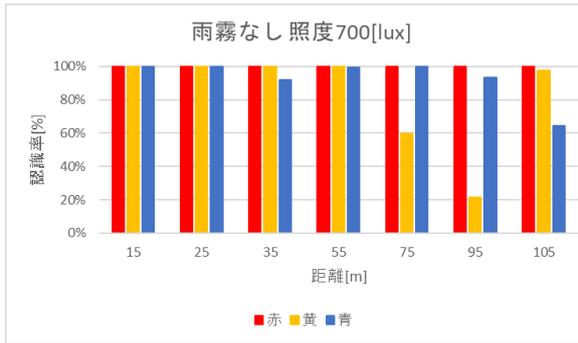


図 4-81 照度 700[lux] 下での信号認識率

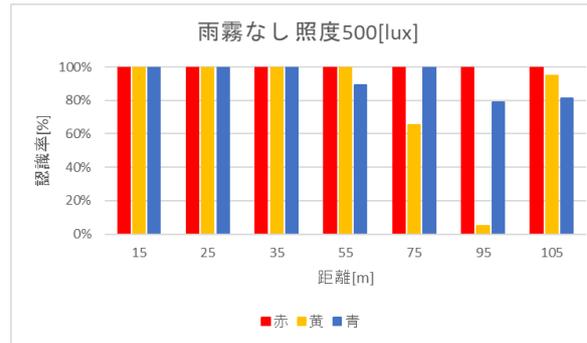


図 4-82 照度 500[lux] 下での信号認識率

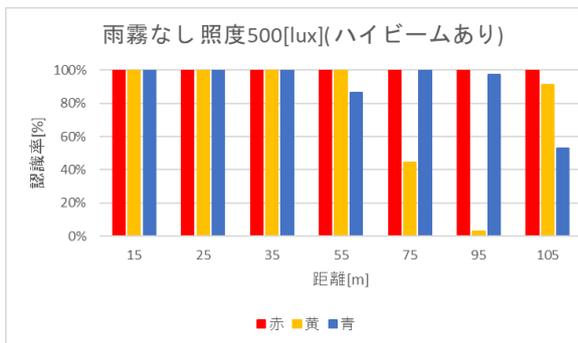


図 4-83 照度 500[lux](ハイビームあり) 下での信号認識率

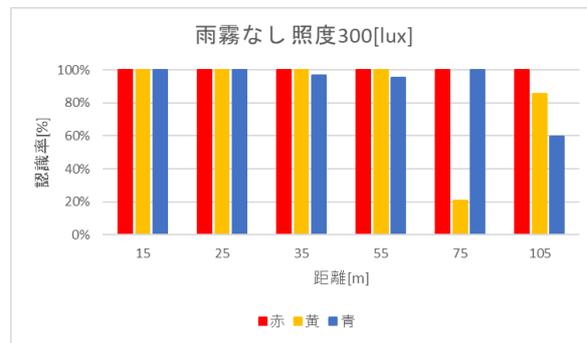


図 4-84 照度 300[lux] 下での信号認識率

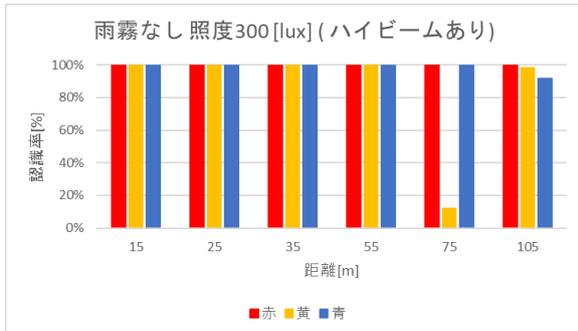


図 4-85 照度 300[lux](ハイビームあり) 下での信号認識

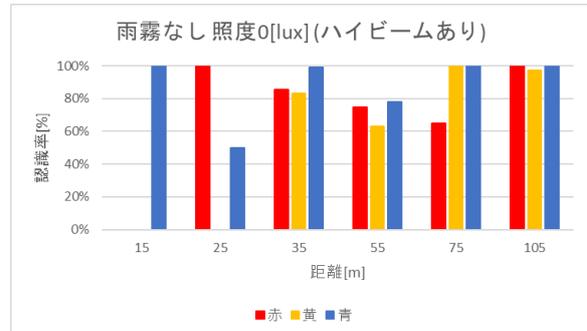


図 4-86 照度 0[lux] (ハイビームあり) 下での信号認識率

結果について

赤信号は 0[lux]以外では距離、照度に因らず認識できた。青、黄の認識精度は、赤の認識精度と比べて劣る結果となった。0[lux]では、全ての灯色で精度が下がった。これは 0[lux]下では、信号灯の周囲が暗く、信号灯周囲にフレアが発生して、尚且つ信号機の筐体枠が見えにくいことによると考えられる。0[lux]で距離が遠いほど認識率が高くなったの

は、車両のハイビームが距離が遠いほど信号機にあたったので、結果的に信号機のフレアも抑制され、認識できるようになったと考えられる。図 xx に 0[lux] の場合の距離毎の画像を示す。

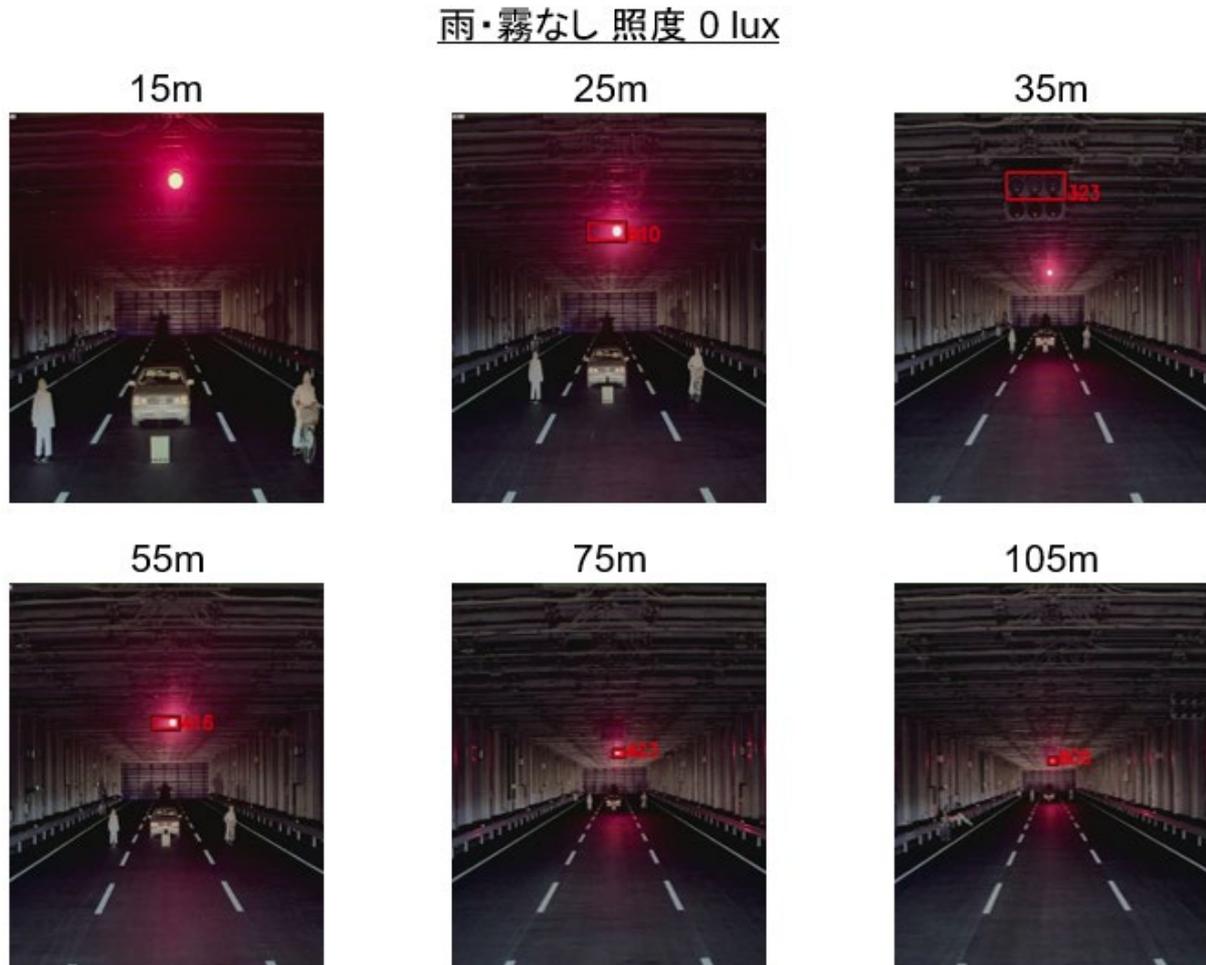


図 4-87 0[lux] 下で距離を変化させたときの赤信号を認識する様子(15m は認識できていない。また、35m では手前に見える無灯火の信号を誤認識している)

□降雨時(雨量 50[mm/h])の照度変化試験 (信号認識の評価)

特異環境試験場において、雨量 50[mm/h]で照度を 1600[lux]、1000[lux]、500[lux]、300[lux]、300[lux](自車ハイビームあり)、0[lux](自車ハイビームあり)のそれぞれの場合で、車両先端から信号機までの距離を変化させて信号灯色が赤、黄、青のそれぞれの認識状況を確認した。図このときの認識率を図 xx~xx に示す。

雨量 50 mm/h 距離15m

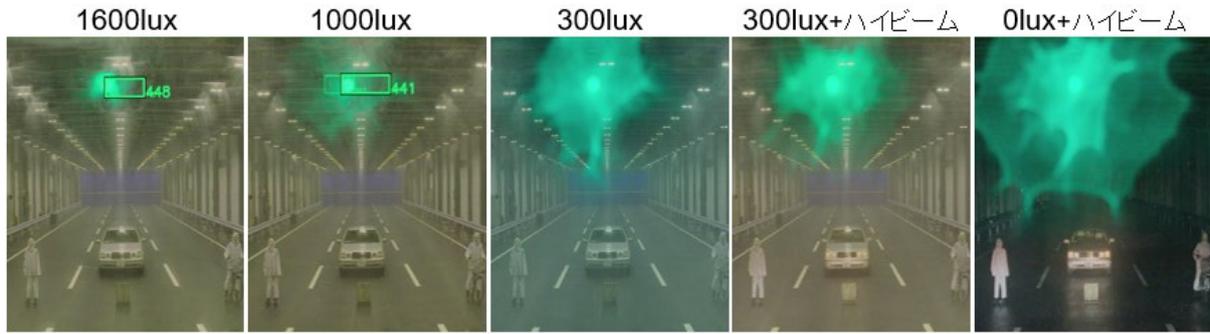


図 4-88 雨量 50[mm/h] 距離 15[m]で照度変化させた場合の信号認識用カメラでの青信号の見え方

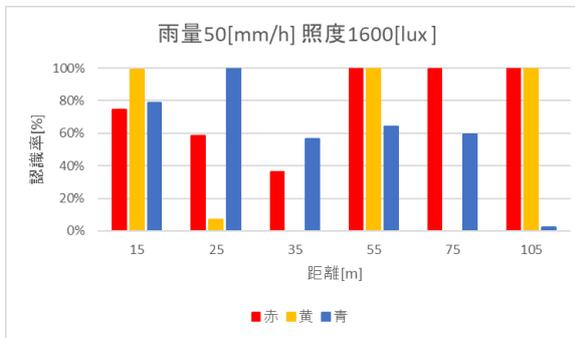


図 4-89 雨量 50[mm/h] 照度 1600[lux] 下での各距離の信号認識率

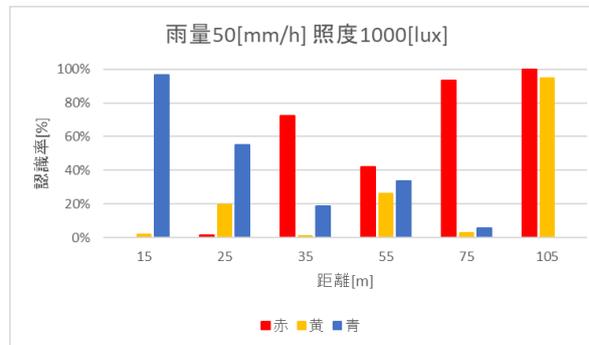


図 4-90 雨量 50[mm/h] 照度 1000[lux] 下での各距離の信号認識率

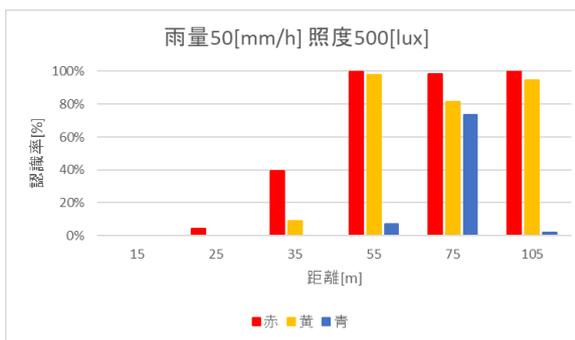


図 4-91 雨量 50[mm/h] 照度 500[lux] 下での各距離の信号認識率

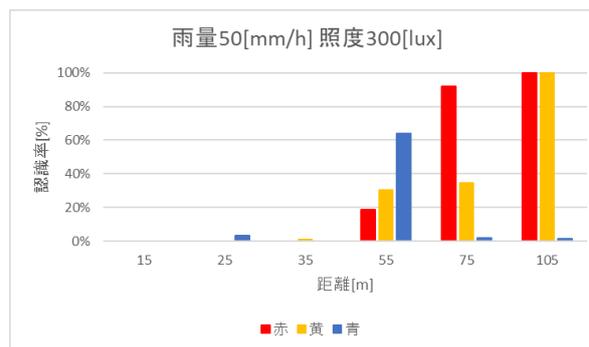


図 4-92 雨量 50[mm/h] 照度 300[lux] 下での各距離の信号認識率

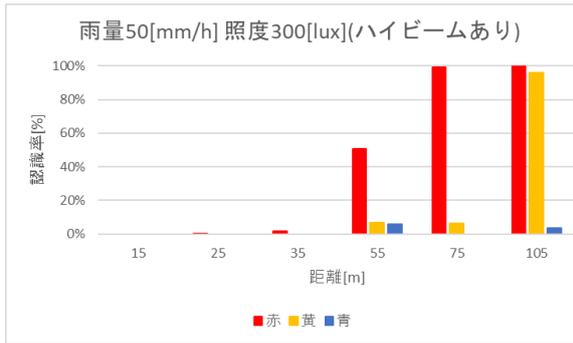


図 4-93 雨量 50[mm/h] 照度 300[lux](ハイビームあり)下での各距離の信号認識率

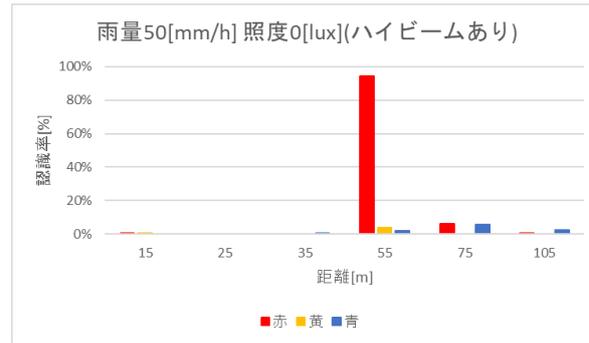


図 4-94 雨量 50[mm/h] 照度 0[lux](ハイビームあり)下での各距離の信号認識率

#### 結果について

降雨時の信号認識は困難であった。照度が高い場合は、認識率が高い傾向にあったが、照度が下がるにつれて認識率は下がった。図 xx のカメラ画像を見ると、照度が下がるほど、信号灯周りのアメーバ状の広がりが大きくなり、信号として認識するのが難しいことがわかる。

#### □雨量変化試験（信号認識の評価）

雨量を 30[mm/h]、50[mm/h]、80[mm/h]で変化させた試験は、赤信号でのみ実施した。距離は 75m、105m の場合とた。照度 1000[lux]、距離 75m でのカメラ画像を図 xx に示す。また、照度を変化させた場合の認識率のグラフを図 xx~xx に示す。

照度 1000 lux 距離 75 m

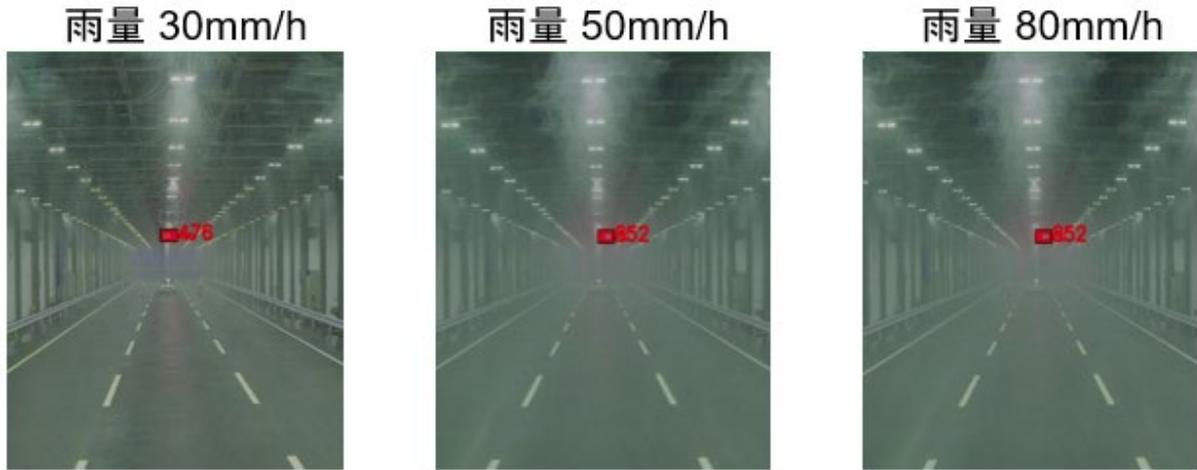


図 4-95 照度 1000[lux] 距離 75m で雨量を変化させたときの赤信号の見え方

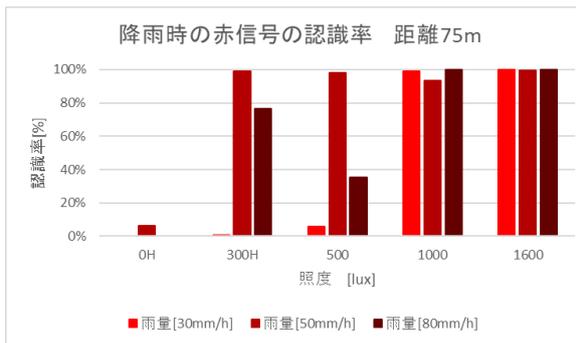


図 4-96 距離 75m で雨量と照度を変化させた場合の赤信号の認識率

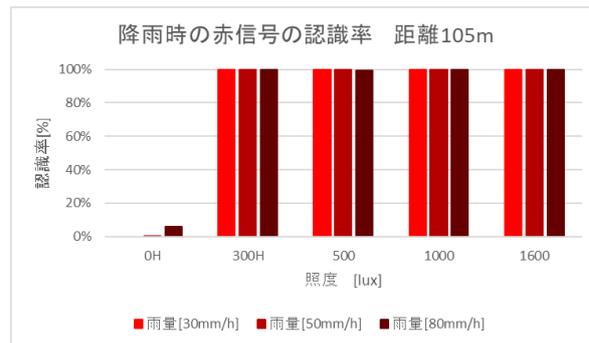


図 4-97 距離 105m で雨量と照度を変化させた場合の赤信号の認識率

結果について

雨量変化による赤信号認識率の数値的な差は確認できなかった。車両を停止させた状態であったので、カメラのレンズ面に付着する水滴の状況に変化がなければ、雨量変化には大きな影響がないと考えられる。

□西日想定での信号の見え方

西日がカメラに当たることを想定し、日照機を信号認識用カメラに照射した場合に、カメラで信号認識できるかをテストした。日照機の照度は弱とした。図 xx に日照機を使用した実験の様子を示す。また、図 xx に信号用カメラでの映像を示す。

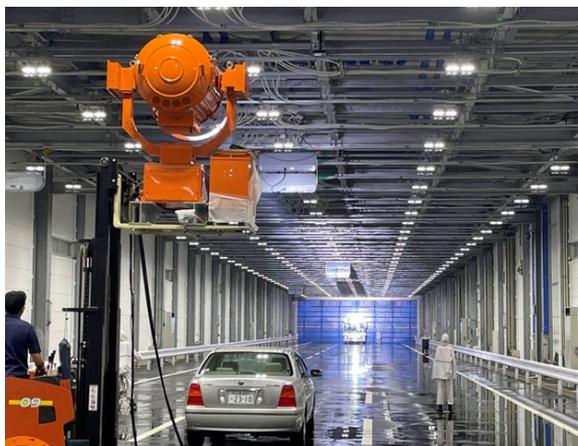


図 4-98 日照機をバスに当てる様子



図 4-99 距離 15m 日照機が背景にあるときの信号用カメラの映像（信号機は青）

結果について

15[m]～105[m]の各距離で測定したが、距離によらずカメラ映像では信号機が白飛び状態になった。信号機を目視で確認することができず、また信号認識もできなかった。

□霧変化試験（信号認識の評価）



図 4-100 特異試験環境での霧時のデータ通りの様子

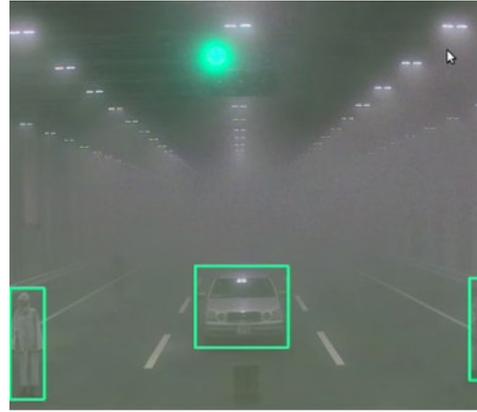


図 4-101 視程 80m 距離 15m 照度 1600lux での青信号



図 4-102 視程 80m 照度 0 lux 距離 15m でのカメラでの信号の見え方

#### 結果について

霧環境では、視程 80m であっても、距離、照度によらず信号を認識することがほとんどできなかつた。画像を見てもわかるように、信号灯のフレアが発生している。フレアの大きさは 青>黄>赤となっていることが確認できた。

#### 4.3. ひたち BRT R4 年度現地実証実験結果

##### 4.3.1. 事前調整およびひたち BRT 調律結果

表 4-3 調律時の検証項目

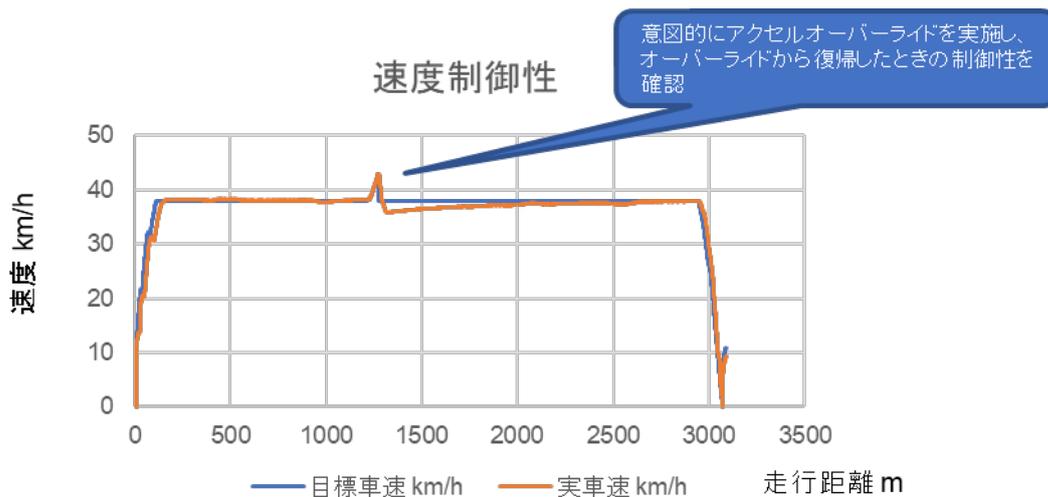
項目	内容	目標値	目標値の根拠
I 車速維持性能	設定した車速に対する維持性能	平たん路で設定値(7, 10, 15, 20, 25, 35, 40km/h)の±2km/h	ACC規格より
II 車両加速性能	設定した車速に対する到達時間	10km/h: 10秒以下, 20km/h: 10秒以下 30km/h: 30秒以下, 40km/h: 40秒以下	乗り心地 jerk<0.1m/s <sup>3</sup>
III 車両減速性能	指示した減速Gを出せること。	指示減速度 0.1, 0.2, 0.3, 0.4Gを指示し、実減速度が±10%以内であること	制御性能
IV 停車位置性能	前後方向の停車位置精度	設定場所に対して±30cm以内であること	車いすスロープが縁石にかかること
V 走行位置維持性能	設定した経路に対する横方向維持性能	単路部目標経路に対し30cm以下 バス停目標経路に対し30cm以下 ロータリー目標経路部に対し50cm以下	道路幅
VI バーゲート認識	一般道などと交差する箇所のバーゲートをスムーズに通行できること	バーゲート(～20m)を認識できること	バーゲート前は15km/h未満である
VII 障害物認識	一般道などと交差する箇所や歩道上の歩行者を検出できること	車両前方の車両(～150m)、歩行者(～100m)、自転車(～100m)を検知できること。 交差点では側方の車両(～56m)、歩行者(～8.4m)、自転車(～25m)を検知できること	最高走行車速40km/h  交差点における横方向に関しては、車両48km/h減速度=0.2G、自動車・自転車の検出し確定するまでの遅れ時間=0.8s、自転車15km/h、6s、歩行者5km/h、6sとした。
	インフラ連携	交差点を指定し、その交差点に進入する車両(～100m)、歩行者(～8.4m)、自転車(～25m)を検知できること。	車両のみ60km/hとした以外は、上記と同じ

#### I 車速維持性能の検証結果 (抜粋)

試験は、産総研周回路にて実施した。

28km/hでのテスト結果を下記に示す。

±2km/hの範囲に収まっており、結果 OK。



## II 車両加速性能

40km/h に到達するまでの時間が判定値を満足しており、OK。

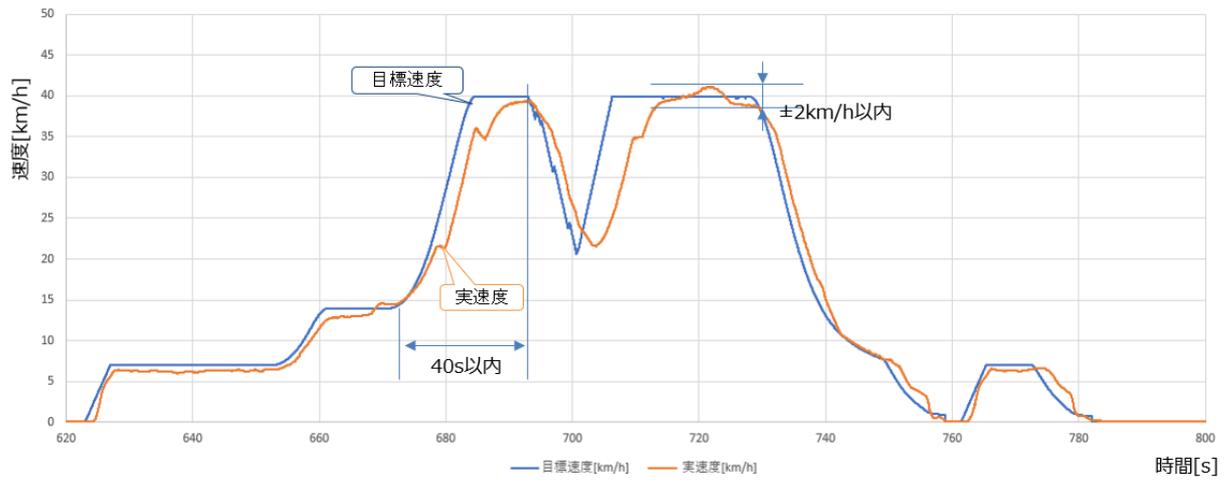


図 4-103 車両加減速性能および車速維持性能の結果

## III 車両減速性能

図 4-103 に示すように減速指示に対して、適切に減速出来ていることから OK。

## IV 停車位置性能

## V 走行位置維持性能

多賀駅行き走行時のテスト結果である。

目標を達成しており、OK。

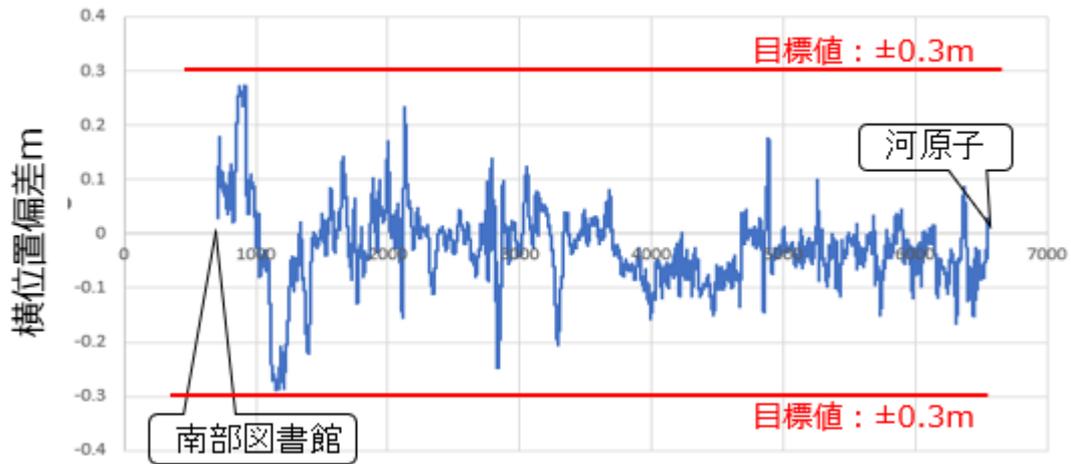


図 4-104 走行位置維持性能のテスト結果

VI バーゲート認識

バーゲート認識に関しては、4.3.2 の No.6 に詳細を記述した。

VII 障害物認識

障害物認識に関しては、4.2.1 に詳細を記述した。

VIII 信号認識 (BRT 信号)

信号認識に関しては、4.3.2 の No.11 に詳細を記述した。

### 4.3.2. ひたち BRT 走行結果

表 4-4 検証項目一覧

No	検証項目	検証目的	アウトプット	検証方法	検証条件/検証パターン
1	総合検証	走行区間の所要時間がどのくらい要するか	走行区間全体の所要時間	以下、各小項目の合計値	
2	単路部走行時間	単路部の走行に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	普通車と自動運転車の単路部の走行時間の差	現行車両、自動運転車それぞれについて、単路部〇〇mの走行時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中 ・すれ違い車両なし
3	単路部での速度回復	単路部走行時の速度回復により走行時間をどの程度短縮可能か検証する	単路部走行時の走行速度及び区間運行時間	所定速度から減速し、所定速度までの回復時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中 ・すれ違い車両なし
4	臨海西工場の橋通過時間	臨海西工場の橋通過に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	自動運転と手動運転の走行時間差	臨海西工場の橋通過時の時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中
5	緑の横断帯通過時間	緑の横断帯通過に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	自動運転と手動運転の走行時間差	緑の横断帯通過時の時間を計測(道路物がある箇所と無い箇所の2パターン)	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間
6	ターゲット通過時間	ターゲット通過に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	・通常時のターゲット通過時間 ・ターゲット爆発率	ターゲット通過時の時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間
7	信号無し交差点	交差点通過に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	・普通車と自動運転車の単路部の走行時間の差 ・交差点通過時間に影響する要素	信号無し交差点の時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間
8	信号無し+横断歩道	交差点通過に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	・普通車と自動運転車の単路部の走行時間の差 ・交差点通過時間に影響する要素	信号無し+横断歩道の時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間
9	信号無し、車線認定	センサから得られる接近車両等の情報を把握することによる交差点通過時間の短縮が可能か検証するとともに、区間時分を算出する	・障害物検知の認識精度 ・障害物検知実施時の交差点通過時間 ・通常時と比較した短縮時間	・検証用カメラ画像から人手で車種/車両位置/速度を収集し、センサ情報と比較 ・障害物検知時の交差点通過時間の測定	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間
10	信号交差点	信号連携した場合の交差点通過時間を明らかにし、通常時と比較し、短縮が可能か検証するとともに、区間時分を算出する	・信号連携時の交差点通過時間 ・通常時と比較した短縮時間	・検証用カメラで実際の信号灯色を撮影し、信号連携から与えられる情報と比較 ・信号連携時の交差点通過時間の測定	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間
11	バス停での再発進に係る時間(BRT信号認識)	車載カメラ増設により、BRT信号の認識精度を向上可否及び、それに伴う再発進に係る時間短縮が可能か検証する	・BRT信号の検出率 ・BRT信号認識を向上させた場合の再発進に係る時間 ・自動運転と手動運転の走行時間差	・BRT信号の検出率(正検出/誤検出/未検出)を確認 ・再発進に係る時間の測定	・晴天時/雨天時 ・日中
12	大森駅構内通過時間	大森駅通過に係る遅れ時間を明らかにし、区間時分を算出する	大みか駅ロータリー走行に係る時間を計測(双方向を計測)	大森駅構内通過時の時間を計測	・晴天時/雨天時 ・日中/夜間
13	夜間の信号灯色認識の可否(交通信号)	夜間の信号灯色認識の可否を明らかにし、区間時分を算出する	夜間走行時の交通信号の認識結果を計測	夜間の信号灯色認識の確率を計測	・晴天時/雨天時 ・夜間
14	夜間の信号灯色認識の可否(BRT信号)	夜間の信号灯色認識の可否を明らかにし、区間時分を算出する	夜間走行時のBRT信号の認識結果を計測	夜間の信号灯色認識の確率を計測	・晴天時/雨天時 ・夜間

## No.1 走行時間区間全体の所要時間

走行時間区間全体の所要時間

手動運転 : 1447 秒

自動運転 : 1874 秒 (平均値)

手動運転との所用時間差は 427 秒であるが、最高速度、加減速度 (速度の傾き) に手動運転と自動運転で大きな乖離はない。所要時間の差は検証項目である、横断帯、信号無交差の通過時間などが影響していることが分かった。

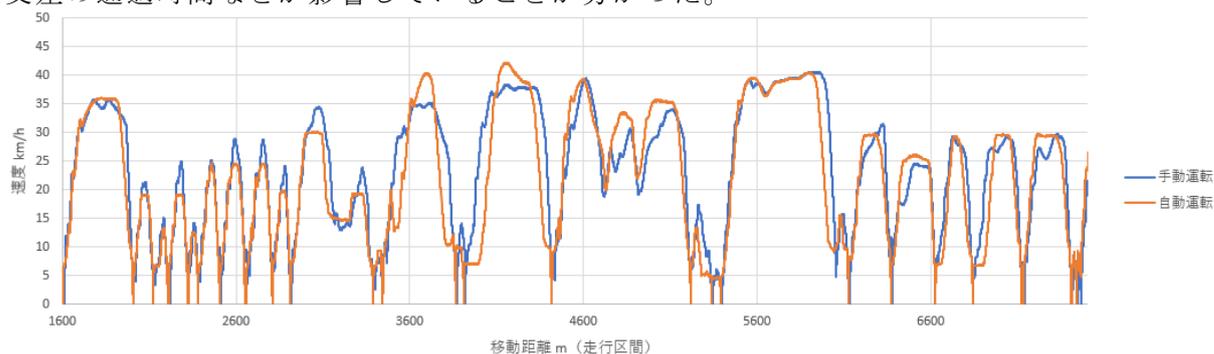


図 4-105 ひたち BRT 専用道区間における走行速度

## No.2 単路部走行時間

走行時間区間全体の所要時間

手動運転 : 1333 秒

自動運転 : 1608 秒 (平均値)

手動運転は水木 BRT バス停付近での近隣住民配慮の減速対応前のデータであるため、手動運転との時間差が大きい。

### No.3 単路部での速度回復時間

歩行者脇を走行する際、15km/h まで減速を行い通り過ぎた後に加速するシーンの速度回復時間を計測しものである。20km/h からの回復時間は 18s であった。（加速時の設定 G は、0.1G とした）

なお、本シーンでは歩行者が途中で車両から離れたため、15km/h まで減速する前に加速に転じている。

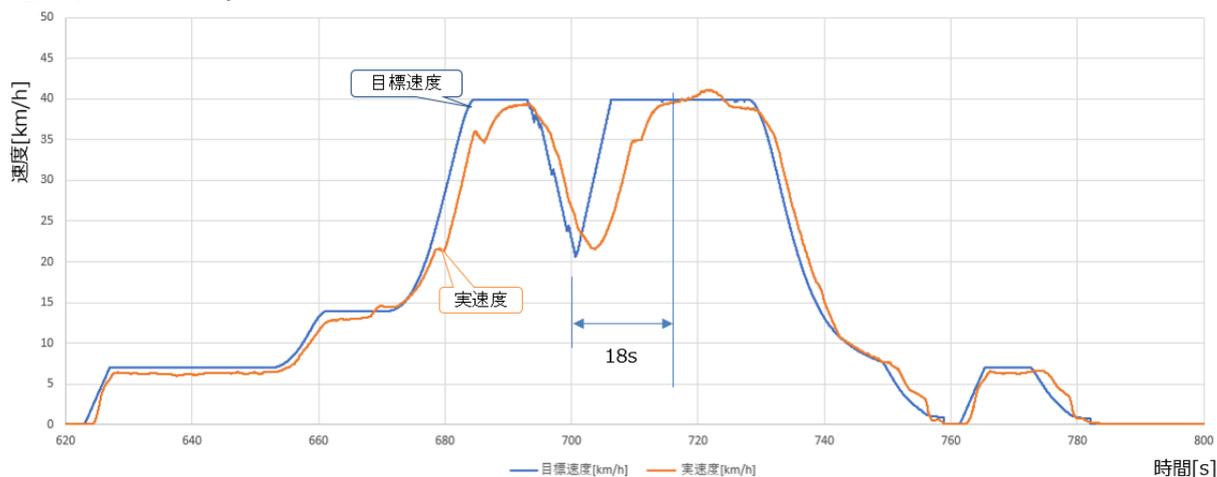


図 4-106 速度回復時間

#### No.4 臨海工場西の橋を通過する時間

走行時間区間全体の所要時間

手動運転 : 15.7 秒

自動運転 : 17.8 秒 (平均値)

手動運転とほぼ変わらない時間で通過することができた。

#### No.5 緑横断帯を通過する時間

走行時間区間全体の所要時間

手動運転 : 6.6 秒

自動運転 : 6.6 秒 (平均値)

横断帯に歩行者がいるシーンが少ない為、自動運転と手動運転の差が出ていない。  
横断歩道に横断待ち歩行者がいる場合は、+20 秒となる。

## No.6 信号なし交差の時間

走行時間区間全体の所要時間

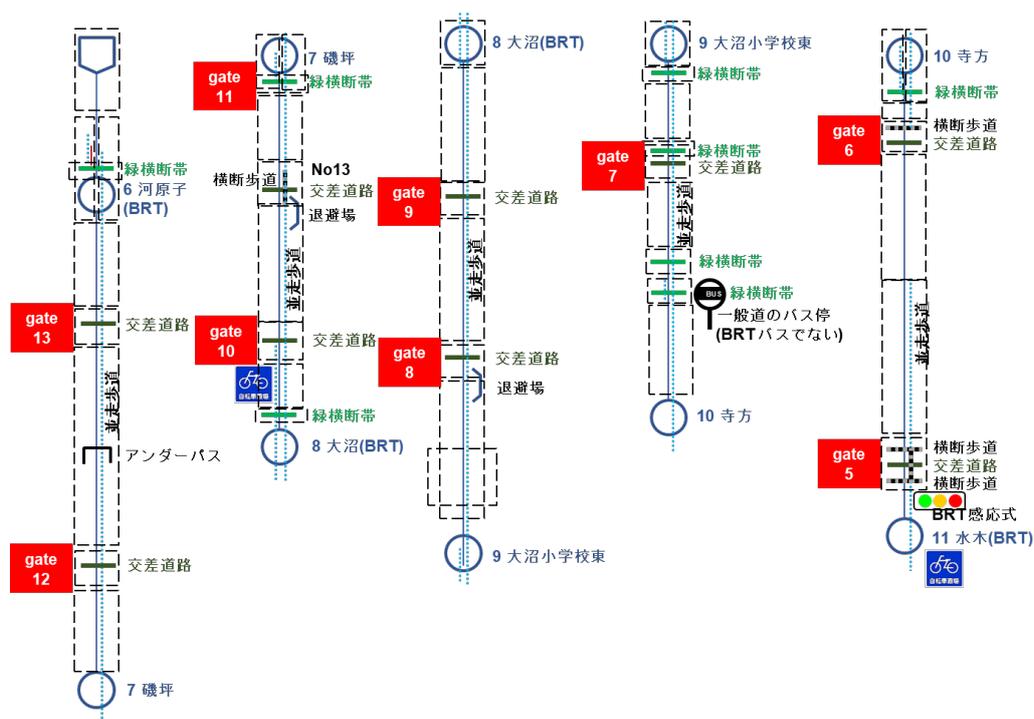
手動運転 : 8秒

自動運転 : 15秒(平均値)

バーゲート通過時は、万が一のためバーゲートが開いていても一度停車しているため、自動運転の方が通過にかかる時間が長くなっている

### ● バーゲート認識

バーゲートの開閉状態を認識し、バーゲートが下りているときは車両が発進しないように制御するため、車載 LiDAR を用いてバーゲートを認識した。バーは細いため LiDAR で捉えづらく、バーに垂れ幕を取り付けることで面積を増やし LiDAR で捉え易くした。路線内に 13 か所バーゲートがあり、以下のように番号を振り分ける。



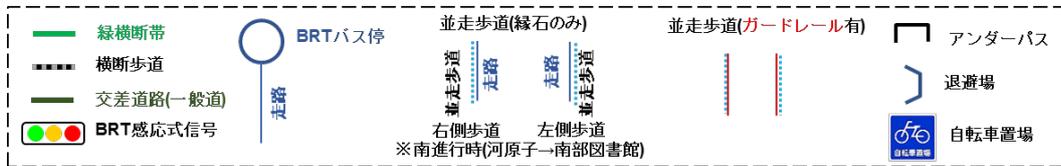
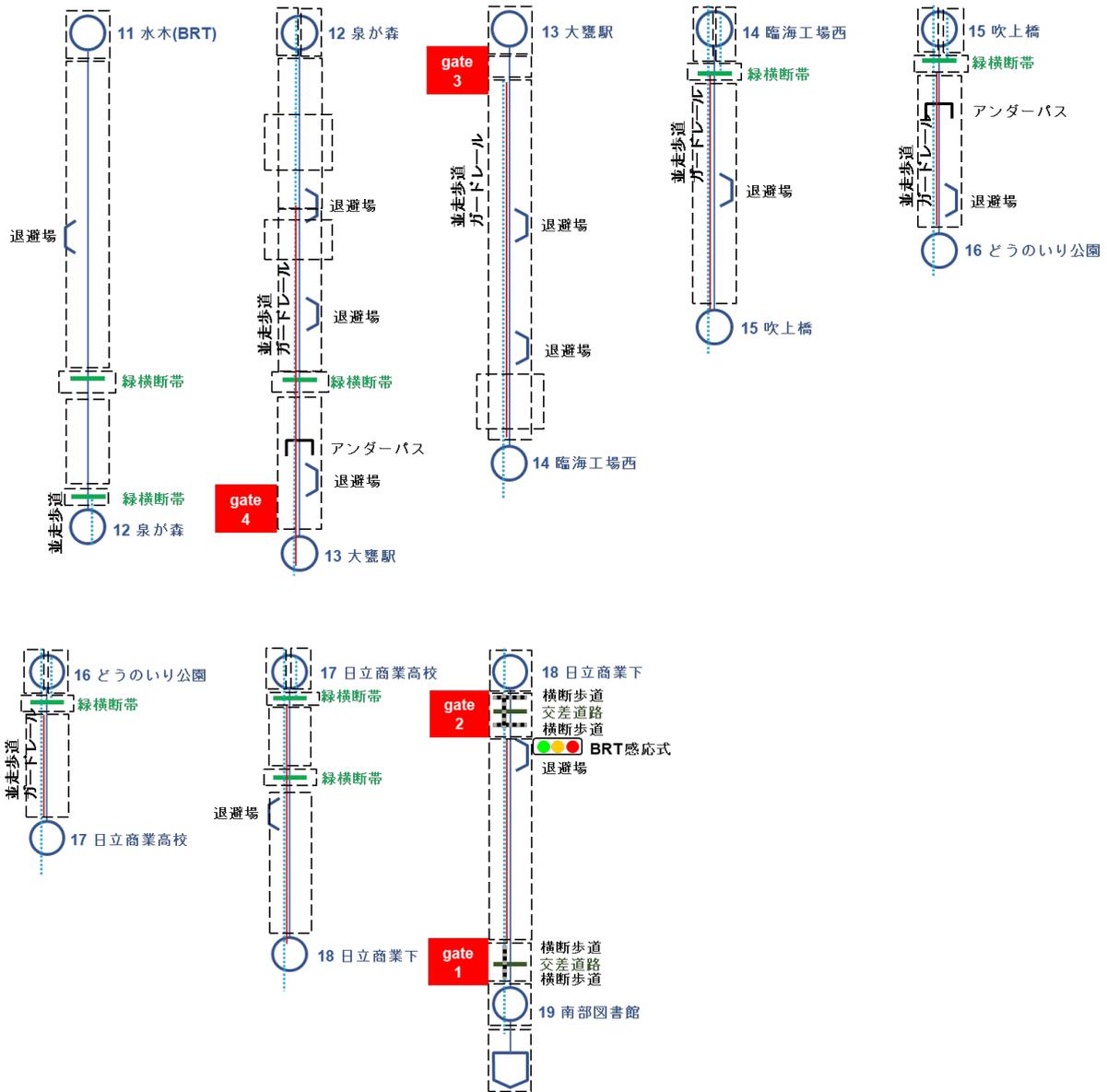


図 4-107 ゲート番号定義

□垂れ幕設置の効果検証

垂れ幕設置前後の認識状況を比較する。検証には gate11（河原子→南部図書館）を用いた。

（gate11 選定理由）

- ・直線路かつ認識が最も安定していたゲートのひとつである

<垂れ幕取付前の認識：12/12 2 便より>

全く認識できなかった



図 4-108 垂れ幕なしのバーゲート

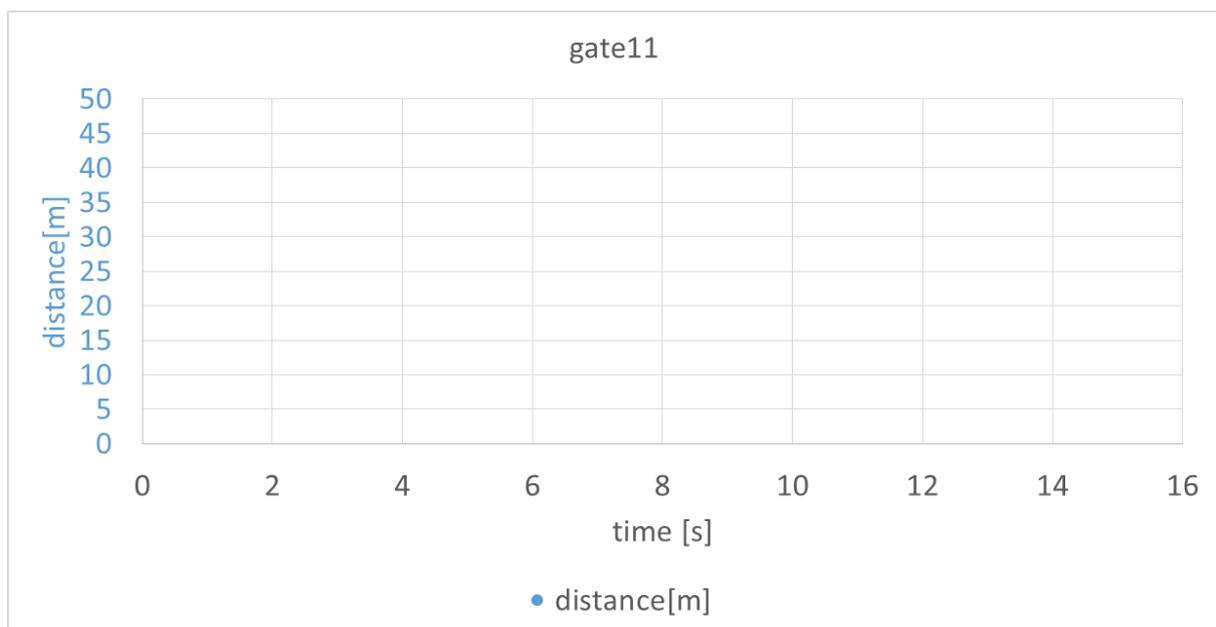


図 4-109 垂れ幕なしのバーゲートの検出距離

<垂れ幕取り付け後の認識：12/21 2 便より>  
安定して認識できた



図 4-110 垂れ幕ありのバースゲート

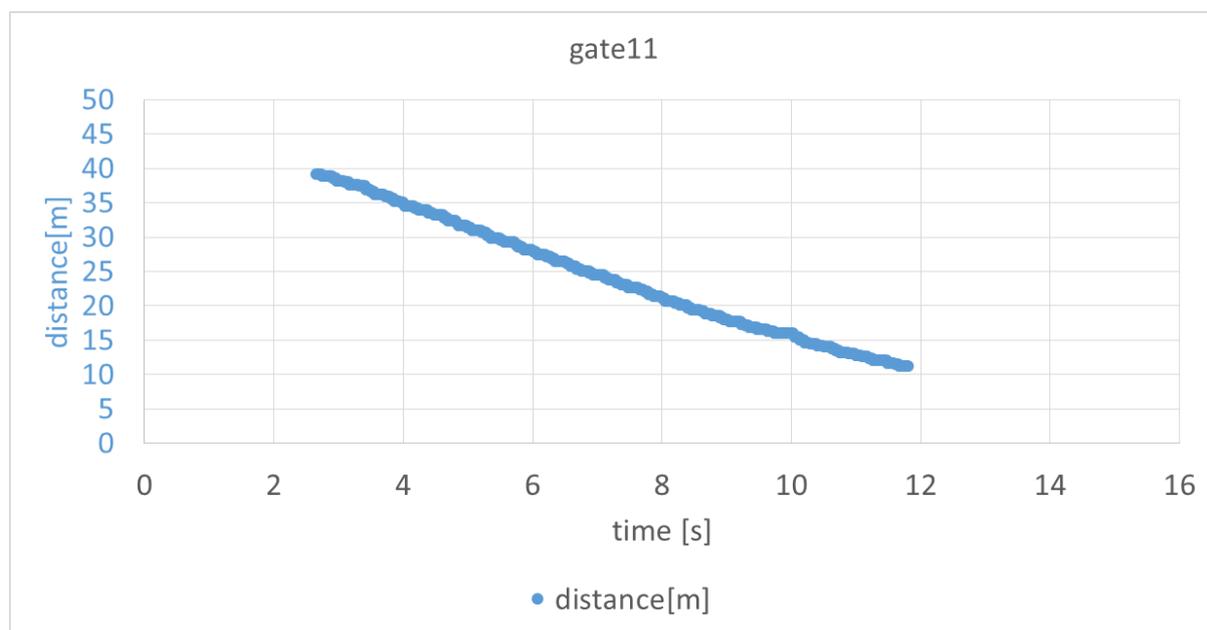


図 4-111 垂れ幕ありの検出距離

□各ゲート認識の詳細

各ゲートについて、開く瞬間の画像および認識結果を示す。

◆gate1（南部図書館→河原子）

早い段階でバーが上がり認識に至らない



図 4-112 gate1 のバーゲート

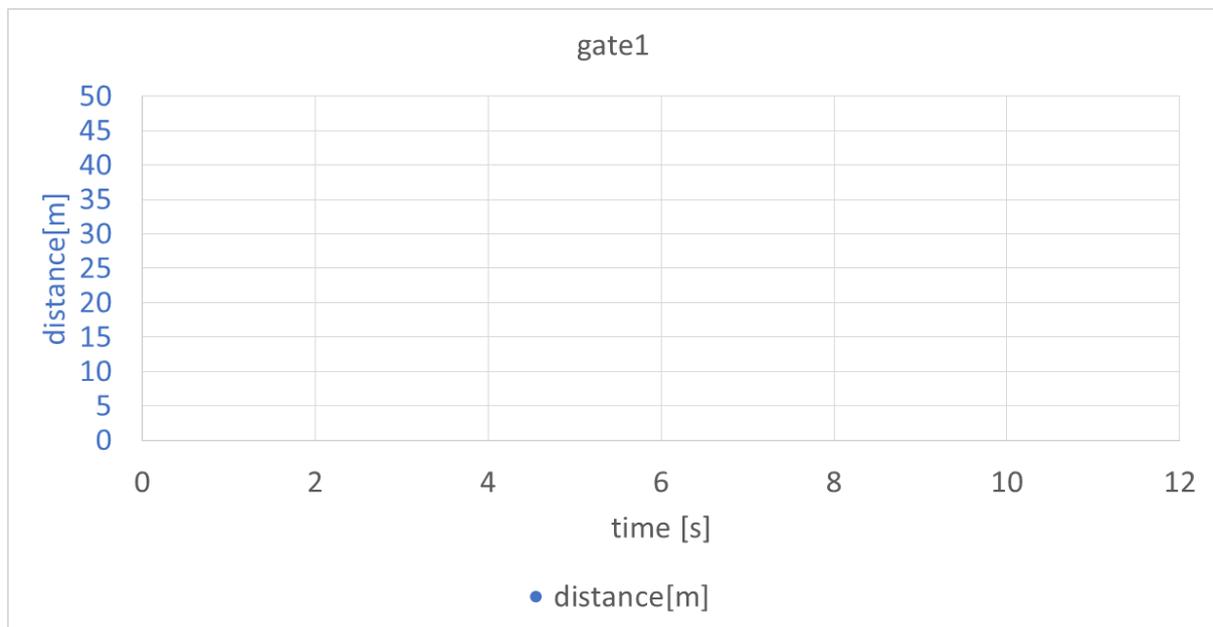


図 4-113 gate1 のバーゲートの検出距離

◆gate2 (南部図書館→河原子)



図 4-114 gate2 のバーゲート

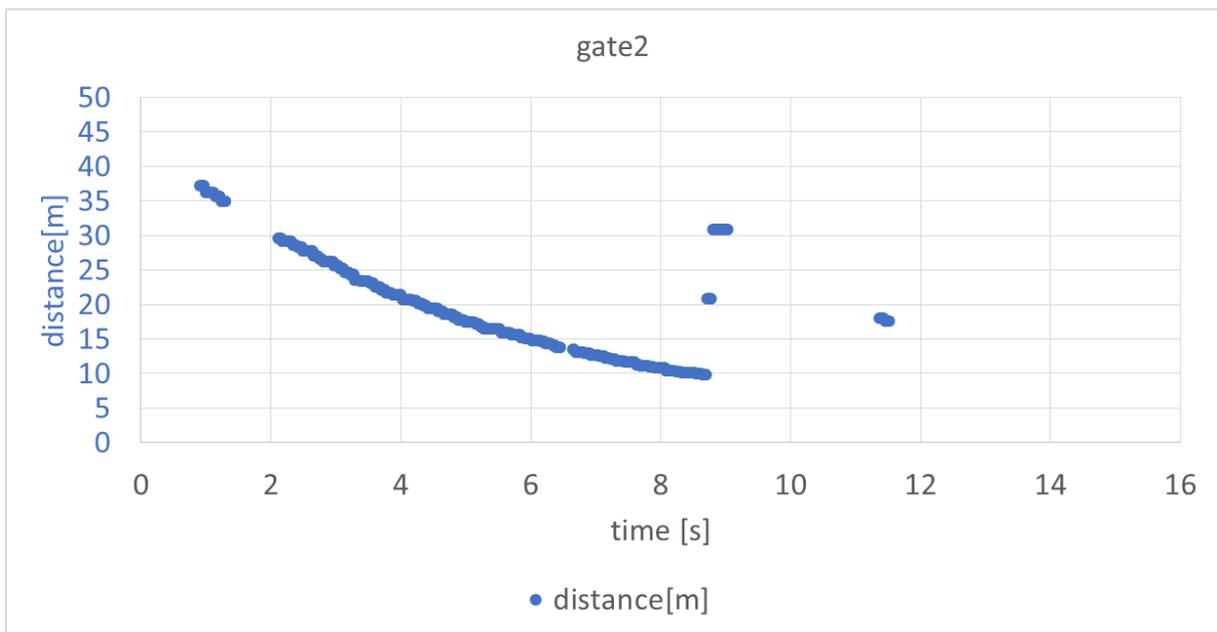


図 4-115 gate2 のバーゲートの検出距離

◆gate3 (南部図書館→河原子)



図 4-116 gate3 のバールゲート

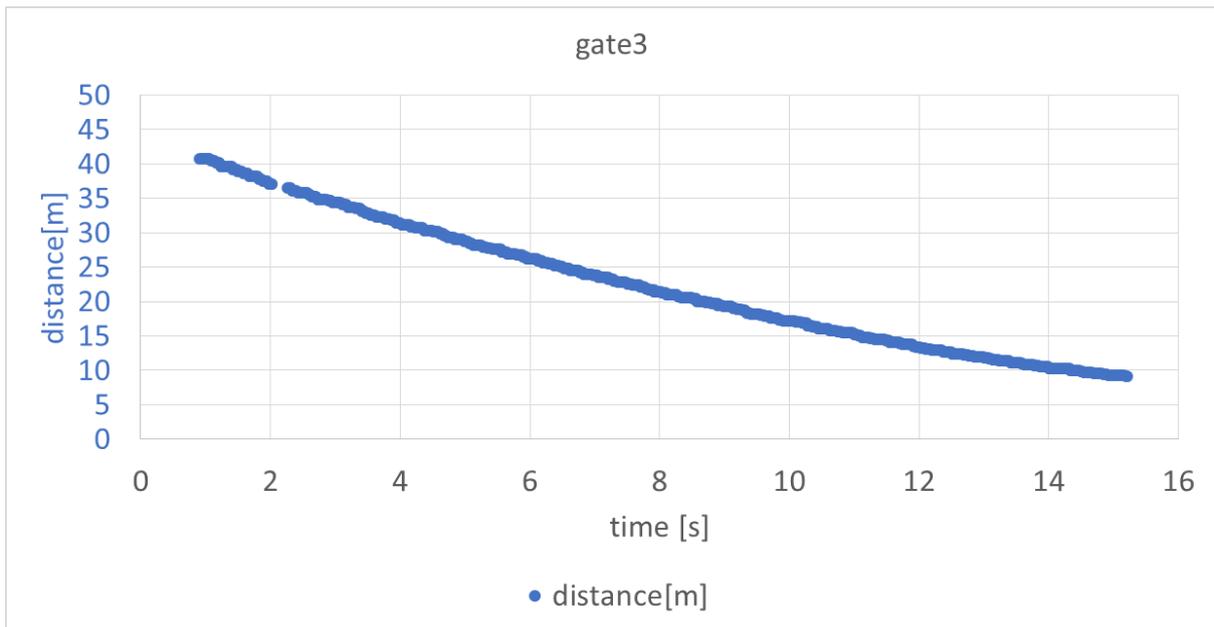


図 4-117 gate3 のバールゲートの検出距離

◆gate4 (南部図書館→河原子)

早い段階でバーが上がり認識に至らない



図 4-118 gate4 のバールゲート

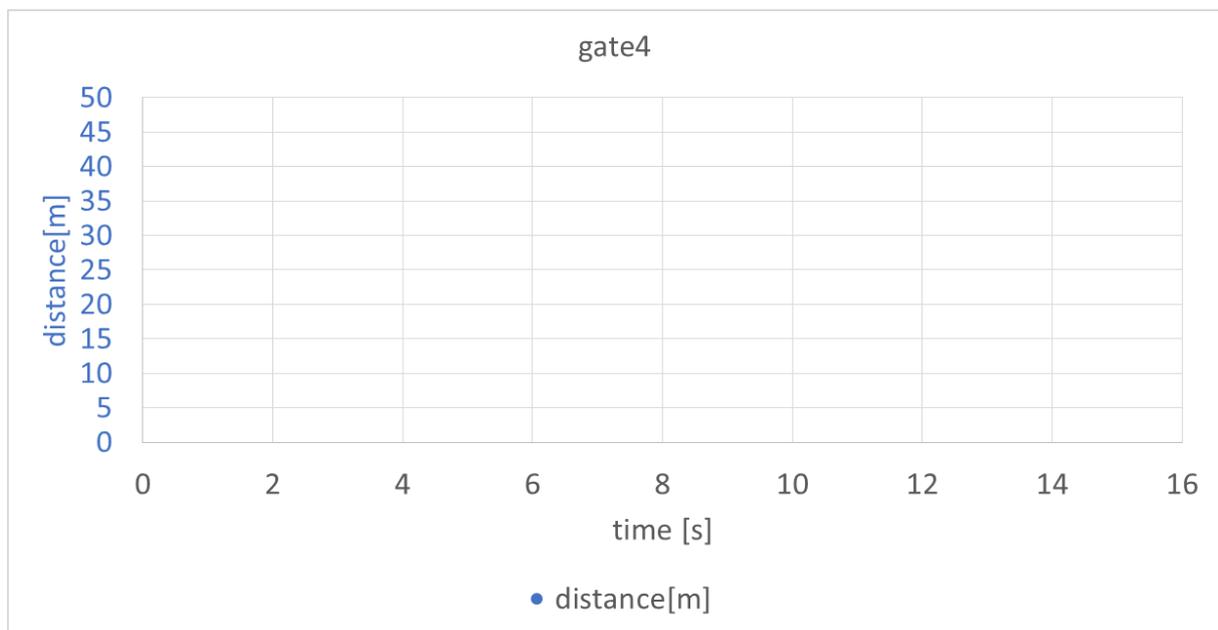


図 4-119 gate4 のバールゲートの検出距離

◆gate5（南部図書館→河原子）

他のゲートと比べてかなり接近してからバーが上がる

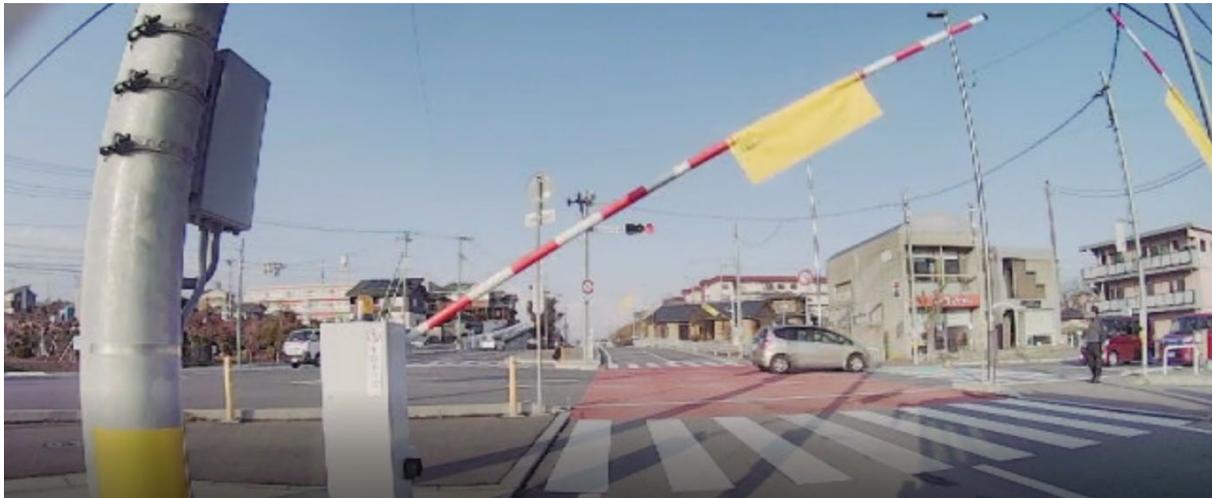


図 4-120 gate5 のバーゲート

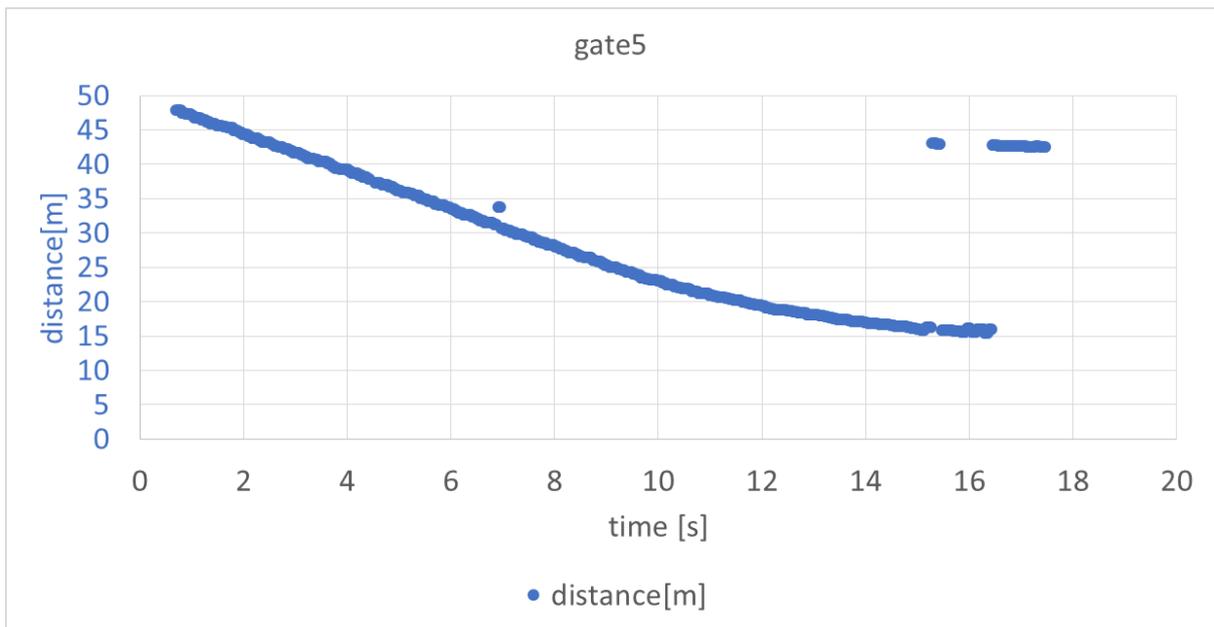


図 4-121 gate5 のバーゲートの検出距離

◆gate6 (南部図書館→河原子)



図 4-122 gate6 のターゲット

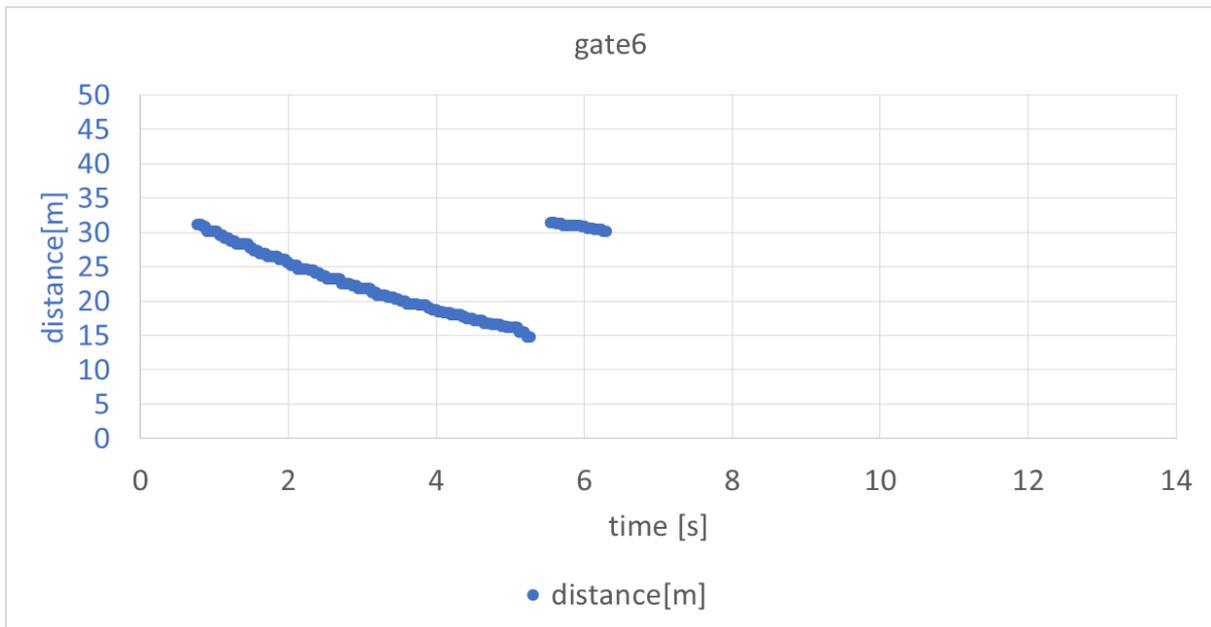


図 4-123 gate6 のターゲットの検出距離

◆gate7 (南部図書館→河原子)



図 4-124 gate7 のバーゲート

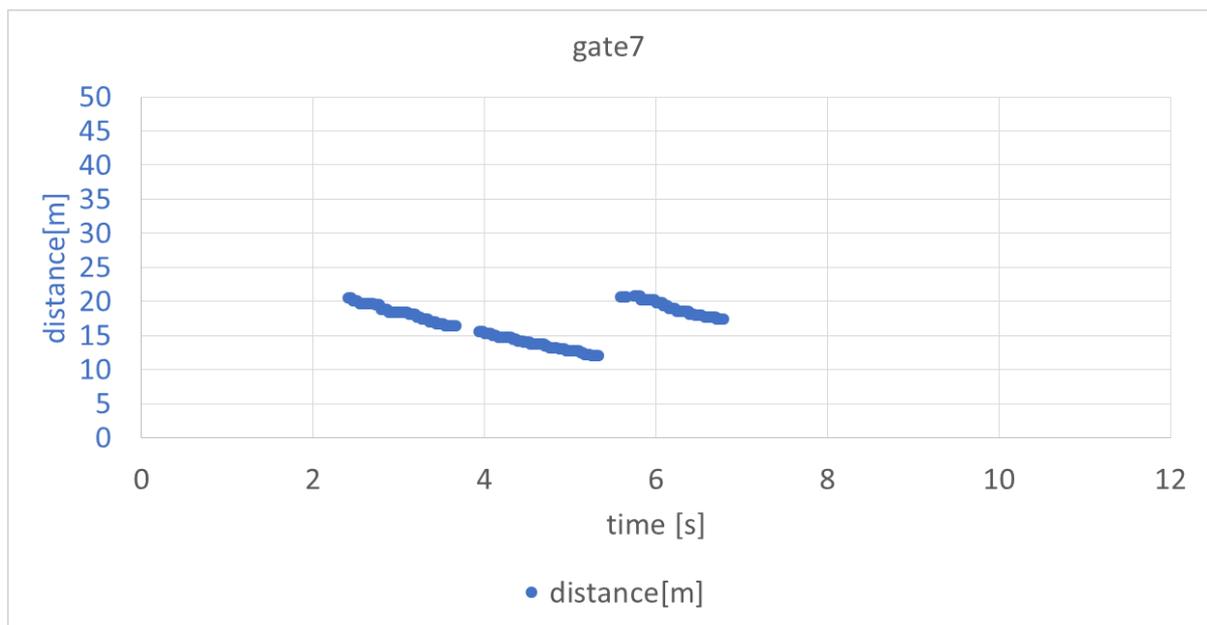


図 4-125 gate7 のバーゲートの検出距離

◆ gate8 (南部図書館→河原子)

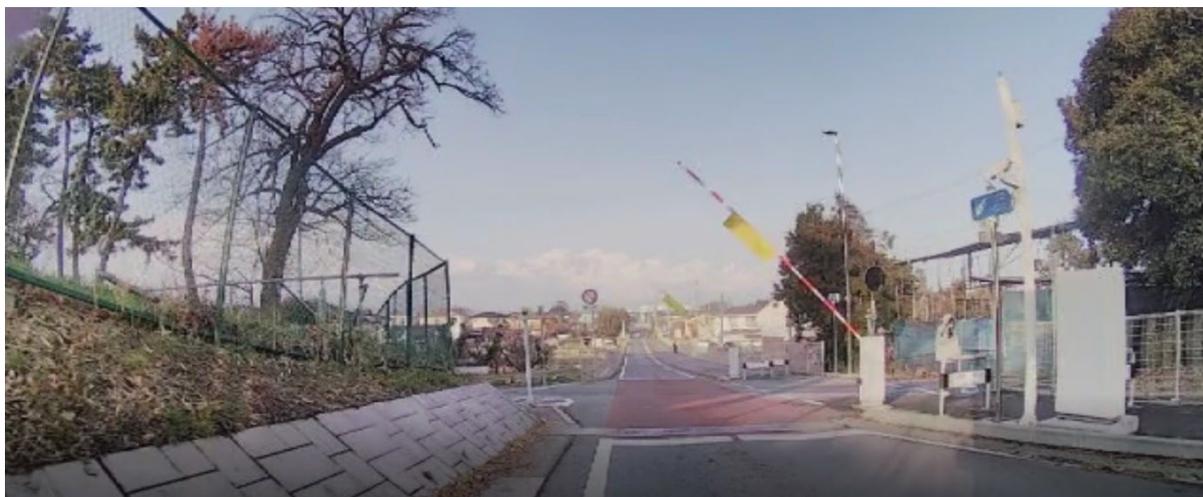


図 4-126 gate8 のバールゲート

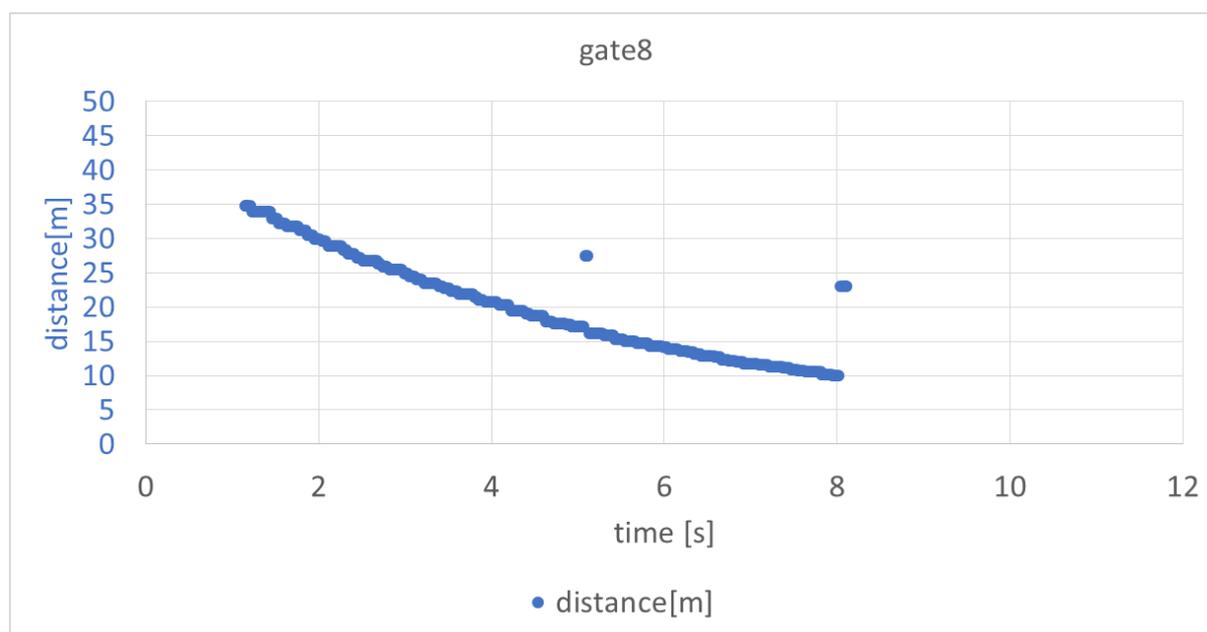


図 4-127 gate8 のバールゲートの検出距離

◆ gate9 (南部図書館→河原子)



図 4-128 gate9 のバーゲート

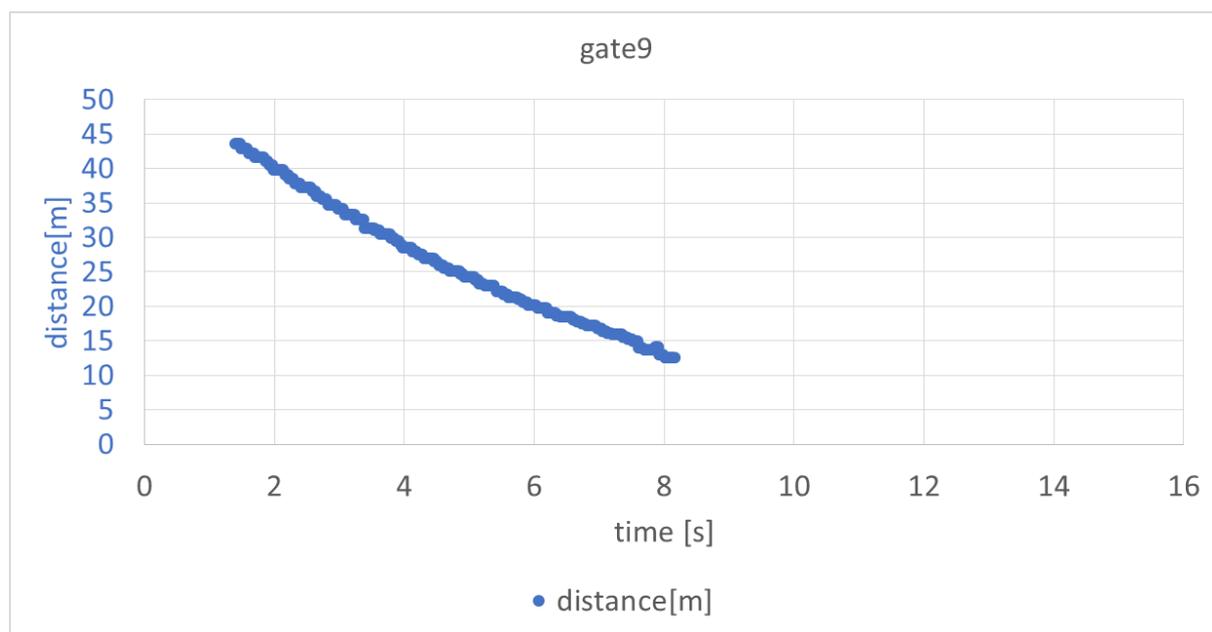


図 4-129 gate9 のバーゲートの検出距離

◆gate10 (南部図書館→河原子)



図 4-130 gate10 のバールゲート

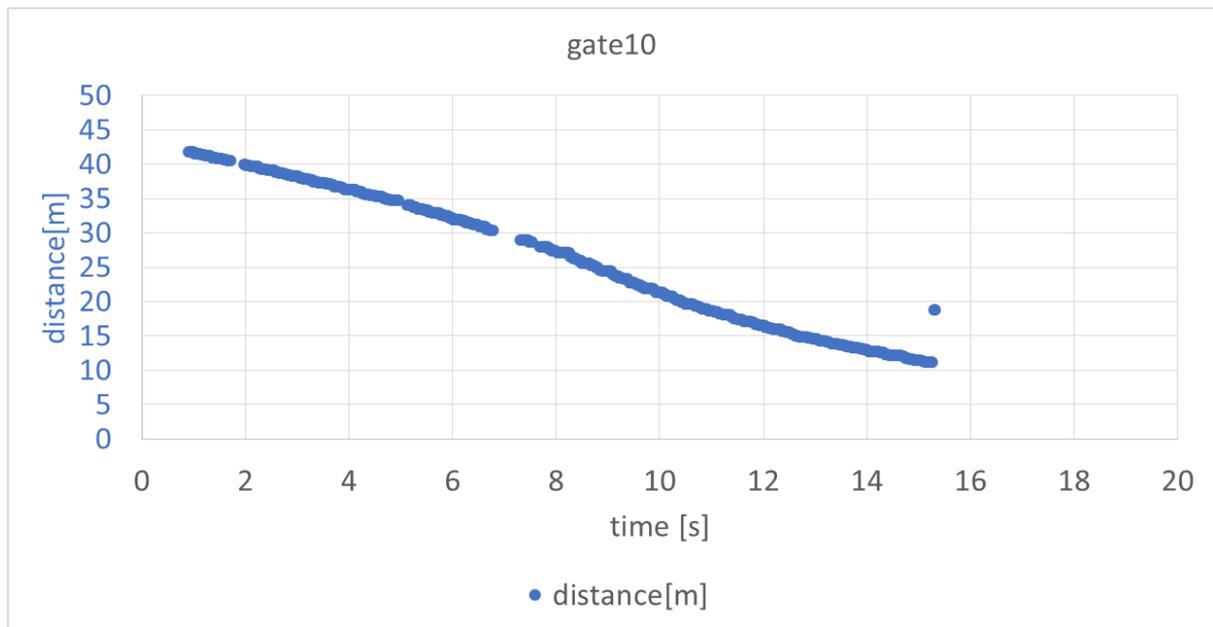


図 4-131 gate10 のバールゲートの検出距離

◆gate11 (南部図書館→河原子)



図 4-132 gate11 のバーゲート

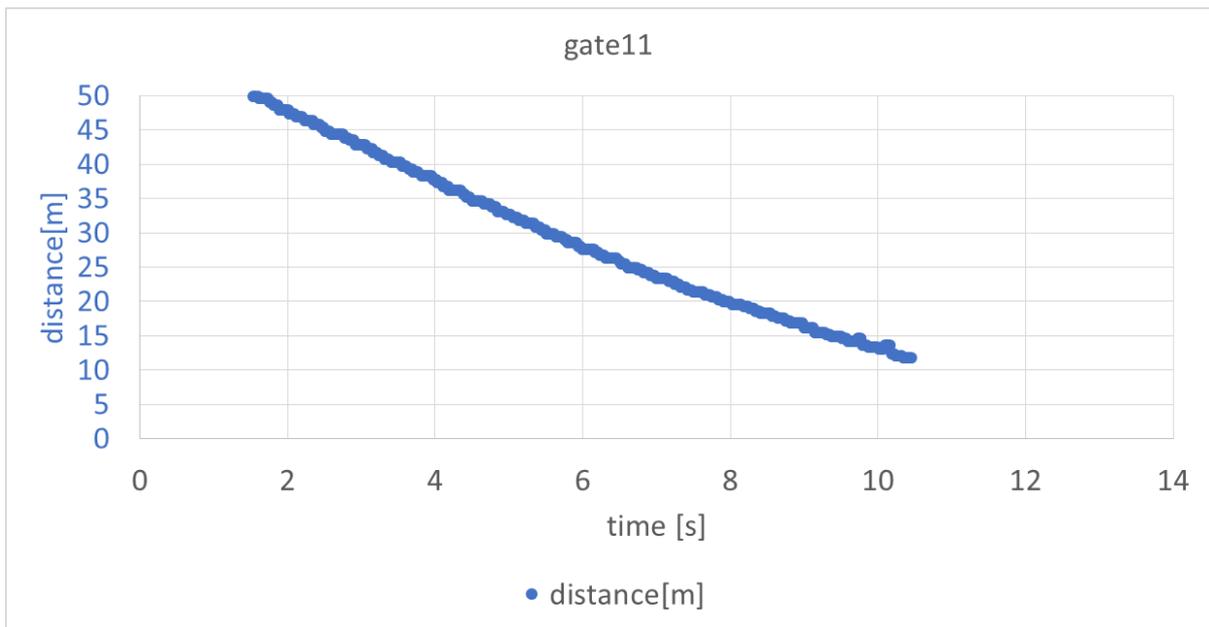


図 4-133 gate11 のバーゲートの検出距離

◆gate12 (南部図書館→河原子)



図 4-134 gate12 のバースゲート

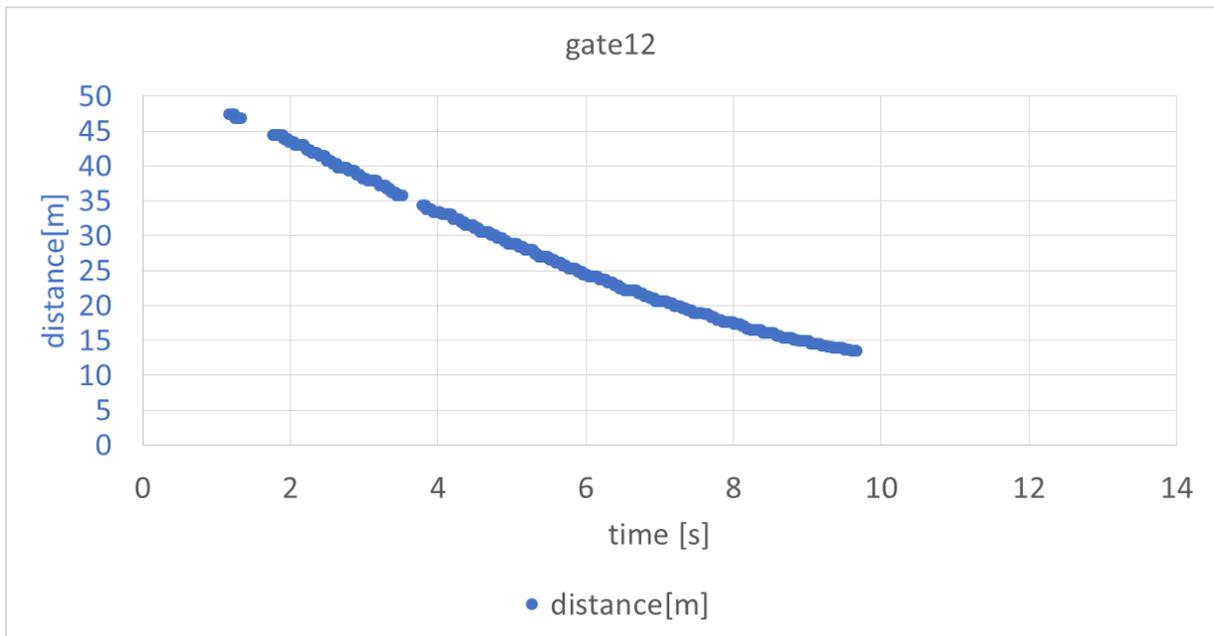


図 4-135 gate12 のバースゲートの検出距離

◆gate13 (南部図書館→河原子)



図 4-136 gate13 のバールゲート

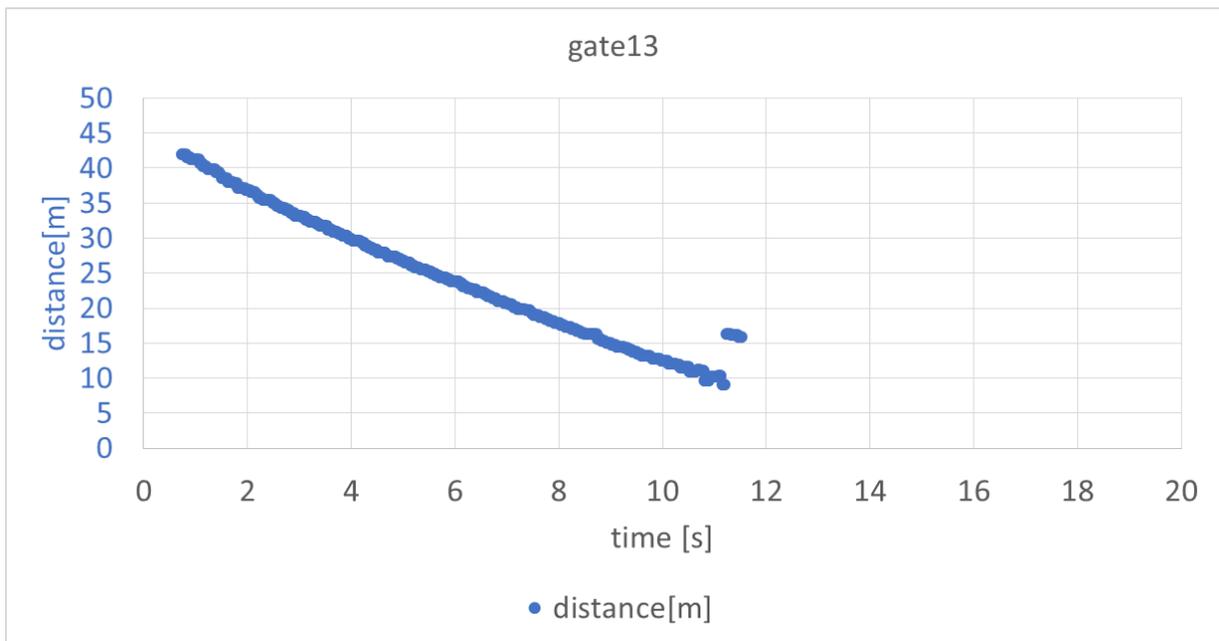


図 4-137 gate13 のバールゲートの検出距離

◆gate13 (河原子→南部図書館)



図 4-138 gate13 のバールゲート

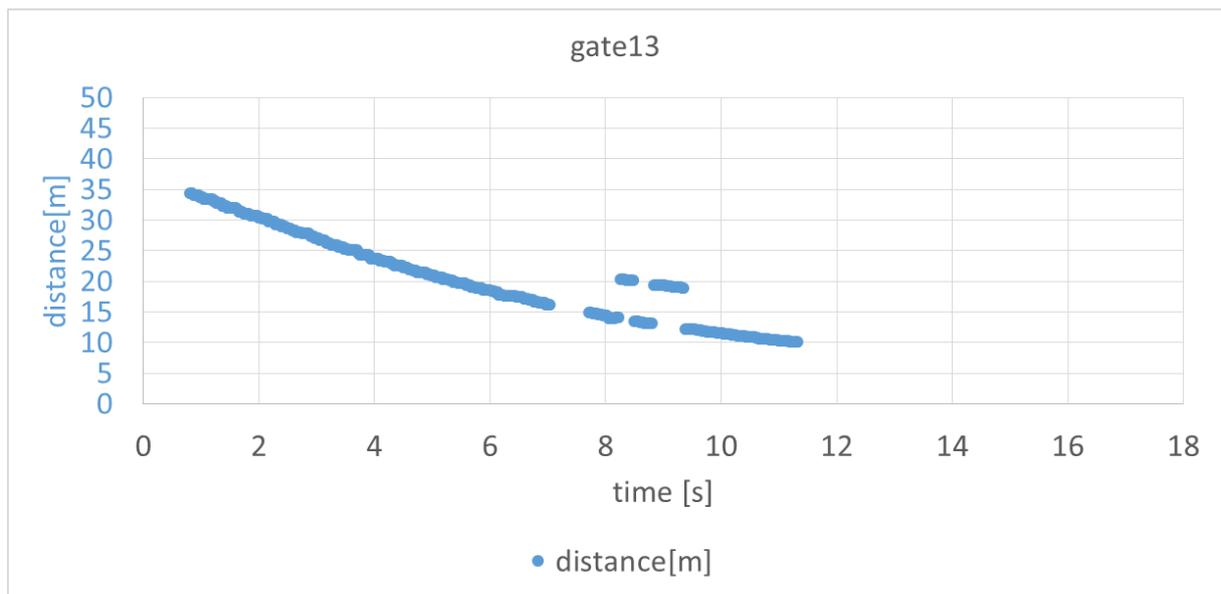


図 4-139 gate13 のバールゲートの検出距離

◆gate12 (河原子→南部図書館)



図 4-140 gate12 のバールゲート

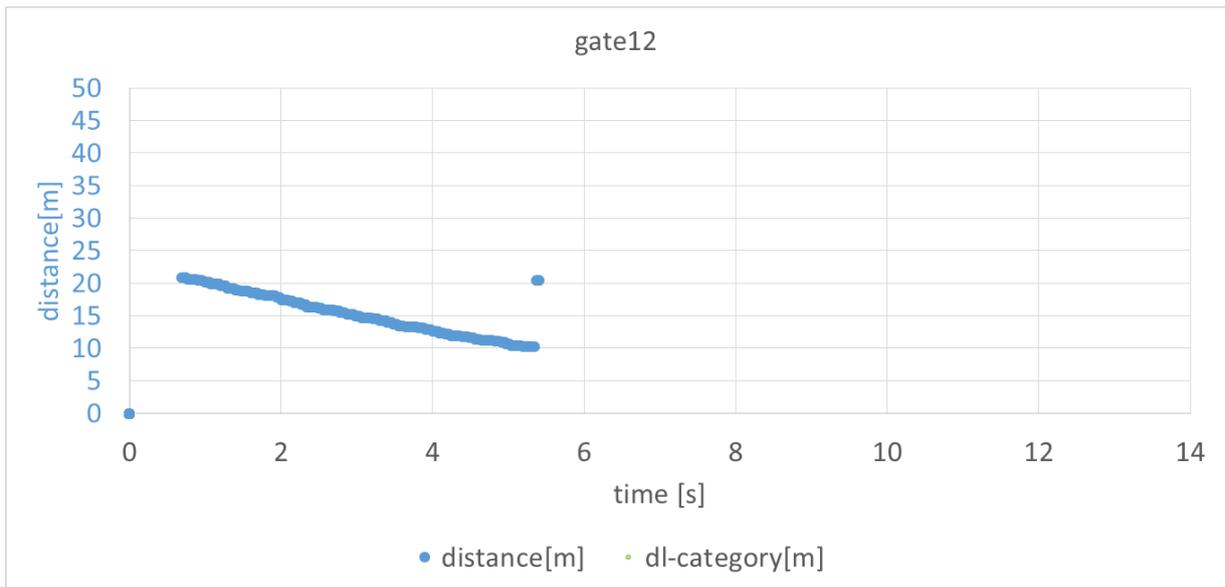


図 4-141 gate12 のバールゲートの検出距離

◆gate11 (河原子→南部図書館)



図 4-142 gate11 のバーゲート

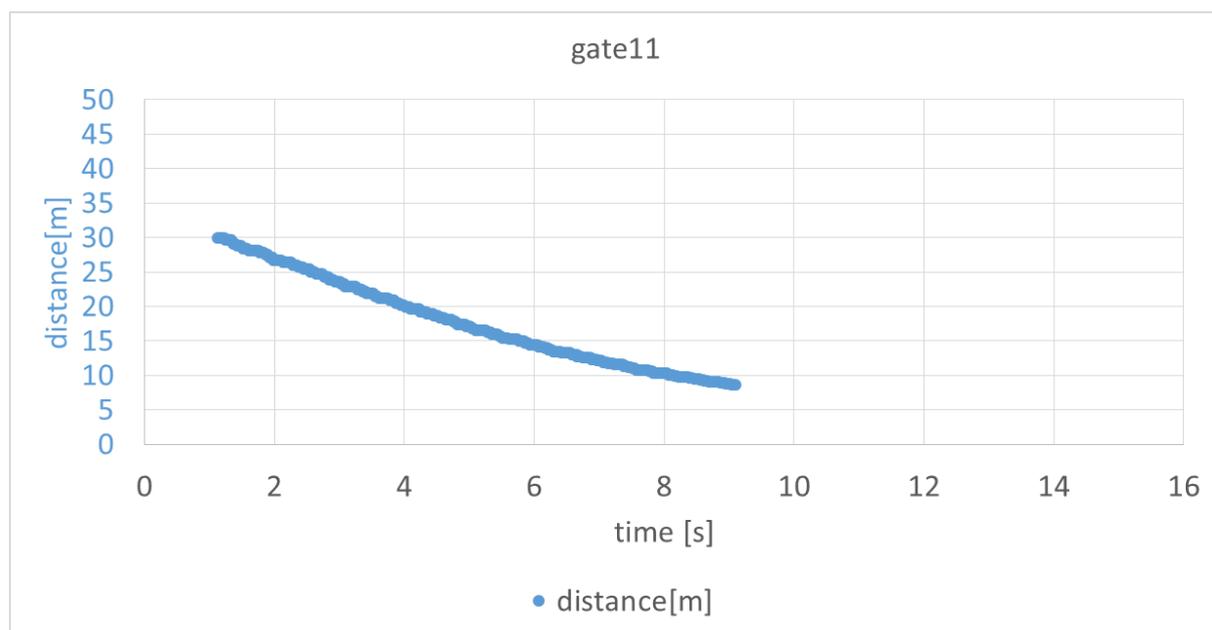


図 4-143 gate11 のバーゲートの検出距離

◆ gate10 (河原子→南部図書館)

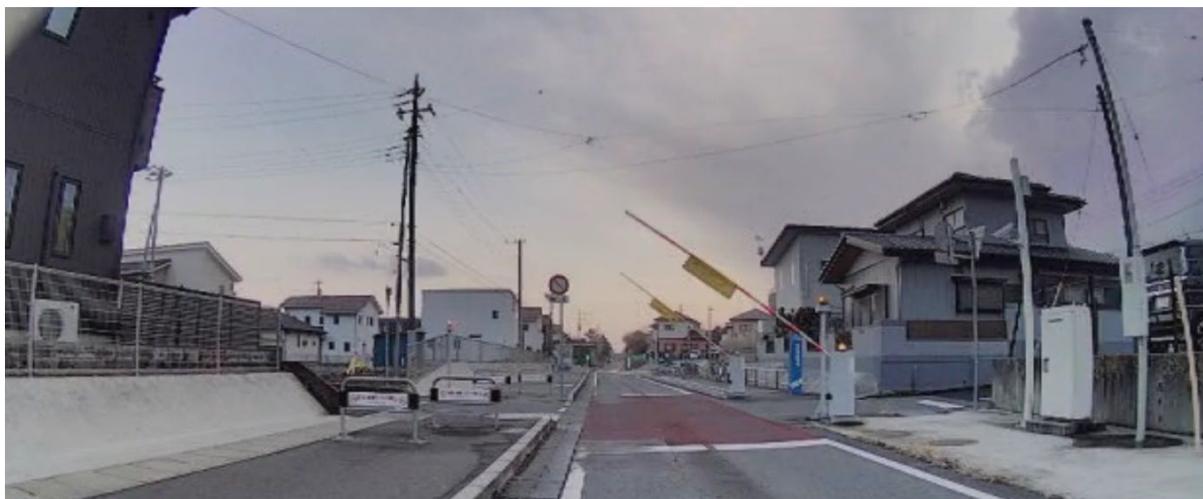


図 4-144 gate10 のバールゲート

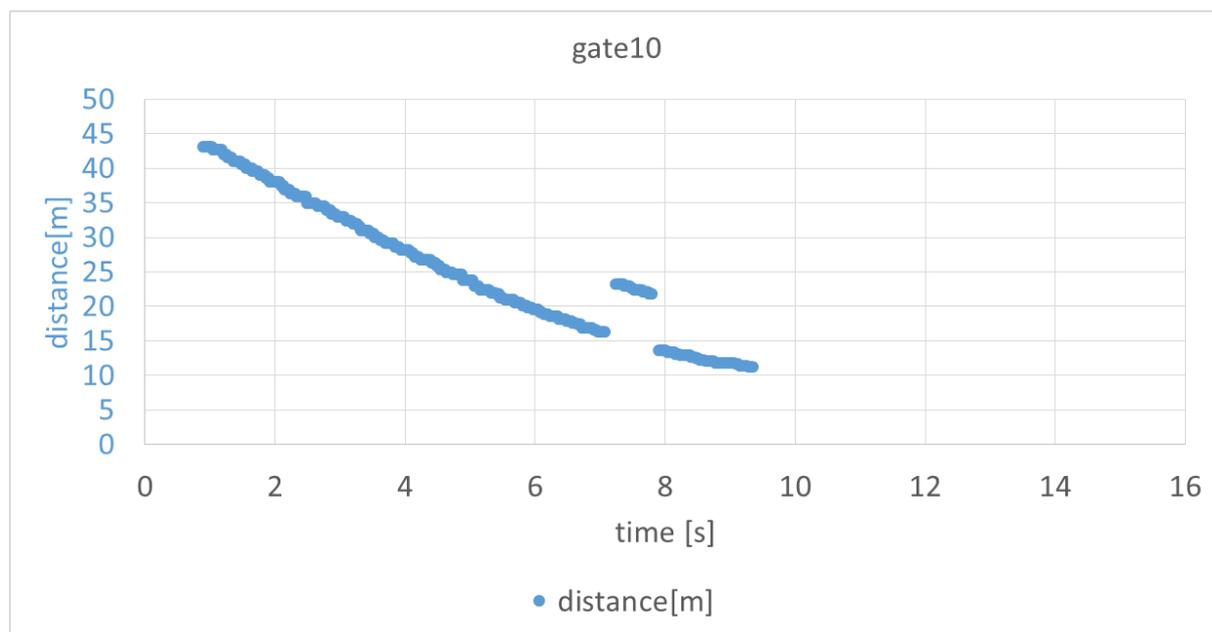


図 4-145 gate10 のバールゲートの検出距離

◆gate9 (河原子→南部図書館)



図 4-146 gate9 のバーゲート

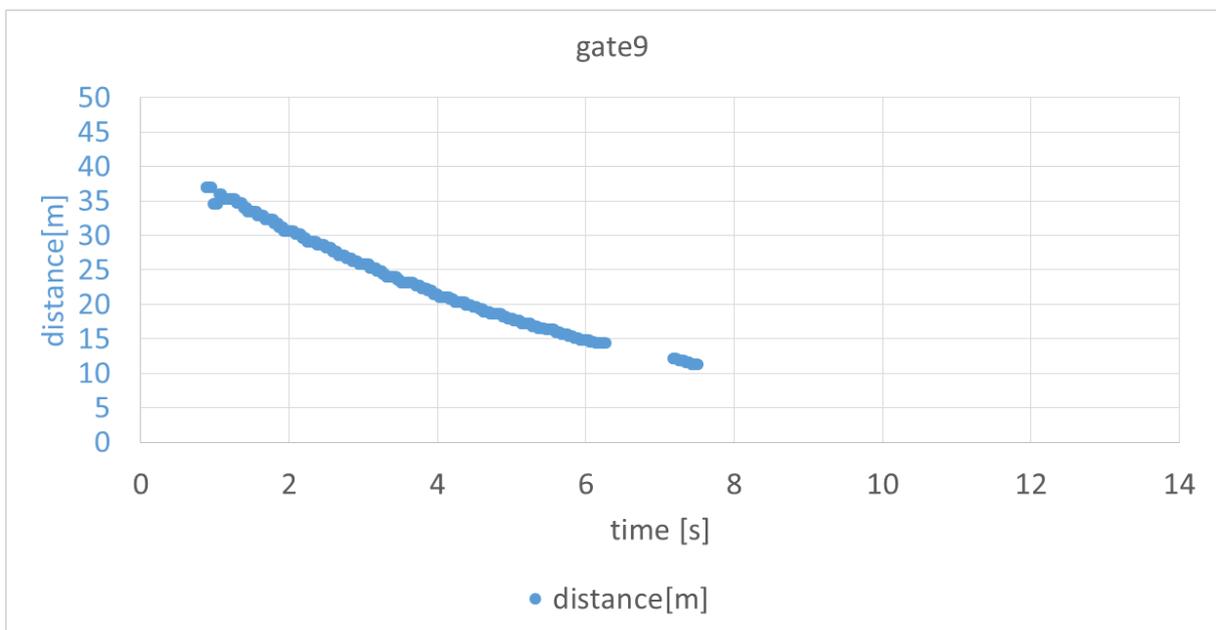


図 4-147 gate9 のバーゲートの検出距離

◆ gate8 (河原子→南部図書館)



図 4-148 gate8 のバーゲートの検出距離

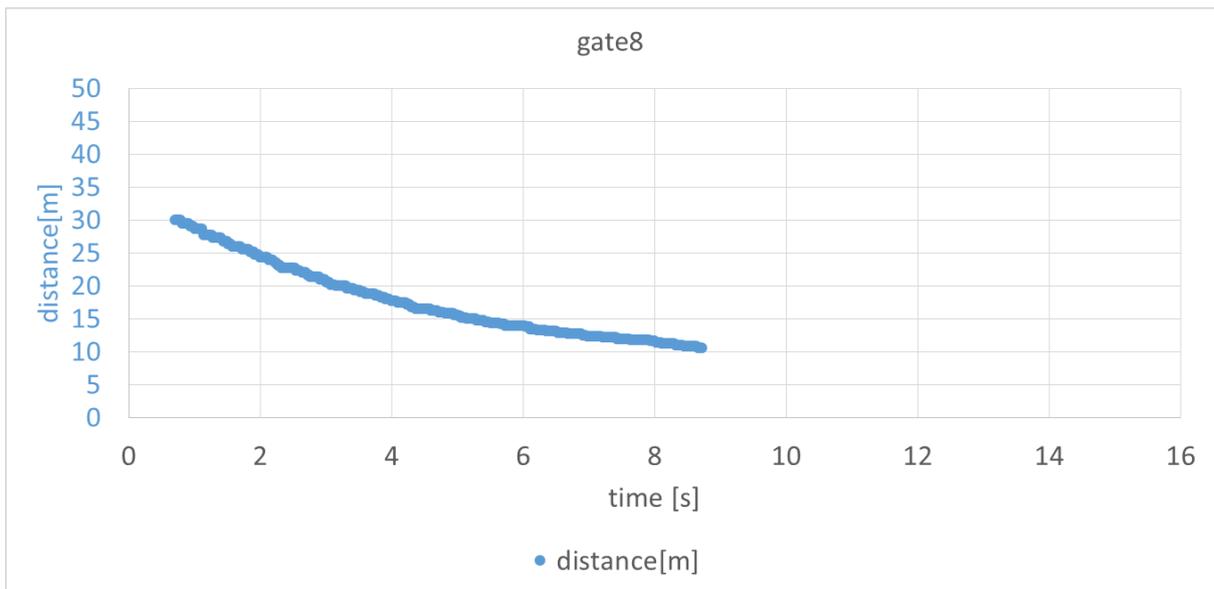


図 4-149 gate8 のバーゲートの検出距離

◆gate7 (河原子→南部図書館)



図 4-150 gate7 のバールゲートの検出距離

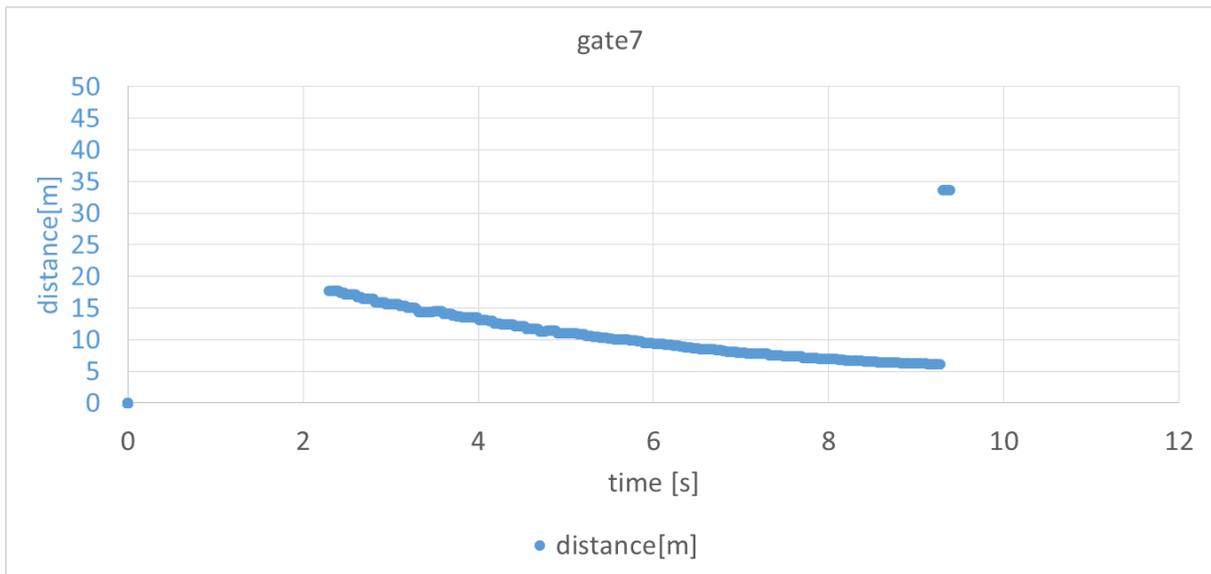


図 4-151 gate7 のバールゲートの検出距離

◆ gate6 (河原子→南部図書館)



図 4-152 gate6 のバールゲート

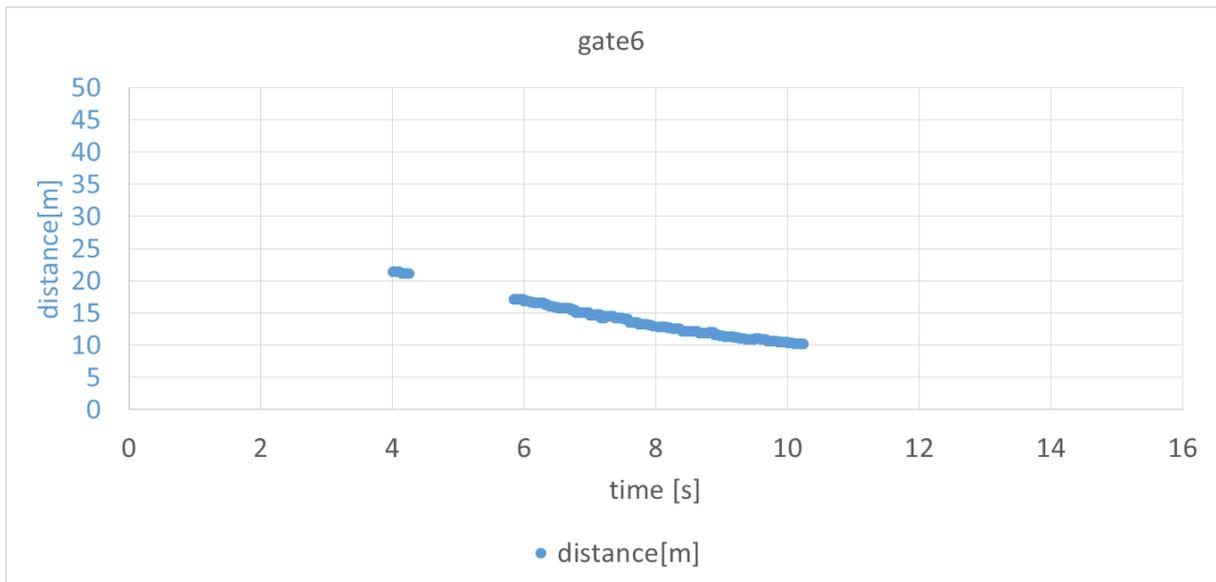


図 4-153 gate6 のバールゲートの検出距離

◆gate5 (河原子→南部図書館)



図 4-154 gate5 のバールゲート

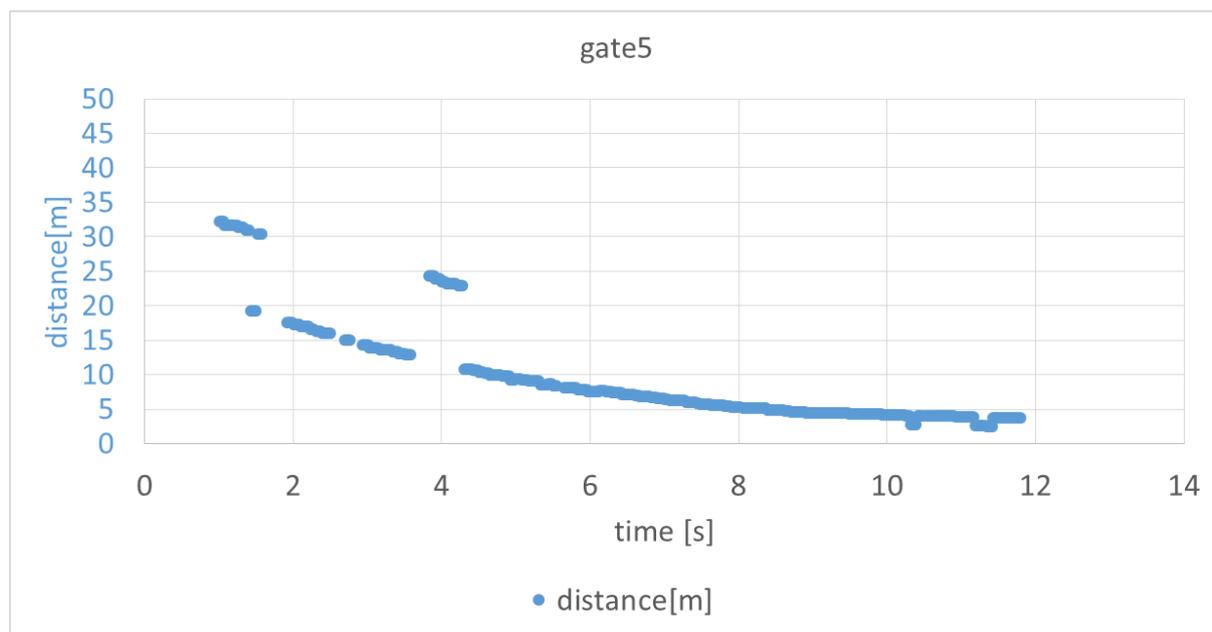


図 4-155 gate5 のバールゲートの検出距離

◆gate4 (河原子→南部図書館)



図 4-156 gate4 のバールゲート

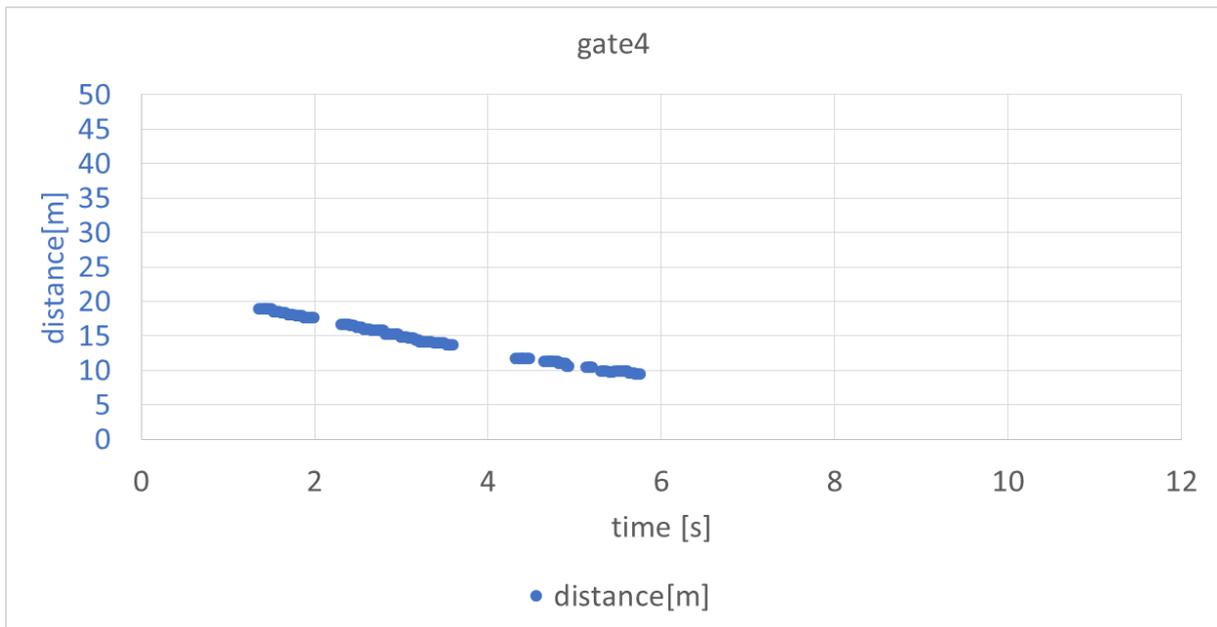


図 4-157 gate4 のバールゲートの検出距離

◆gate3 (河原子→南部図書館)

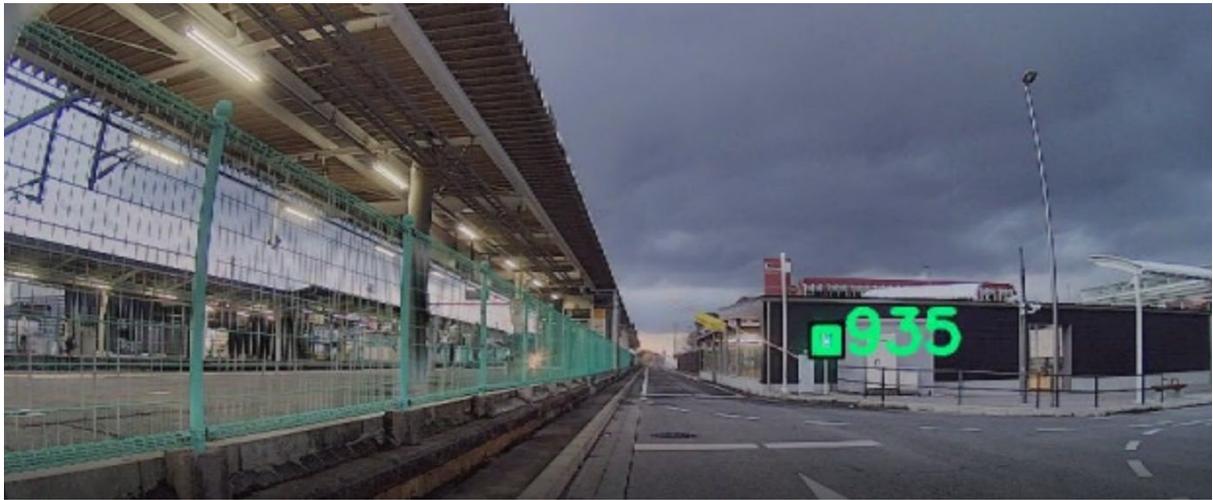


図 4-158 gate3 のバーゲート

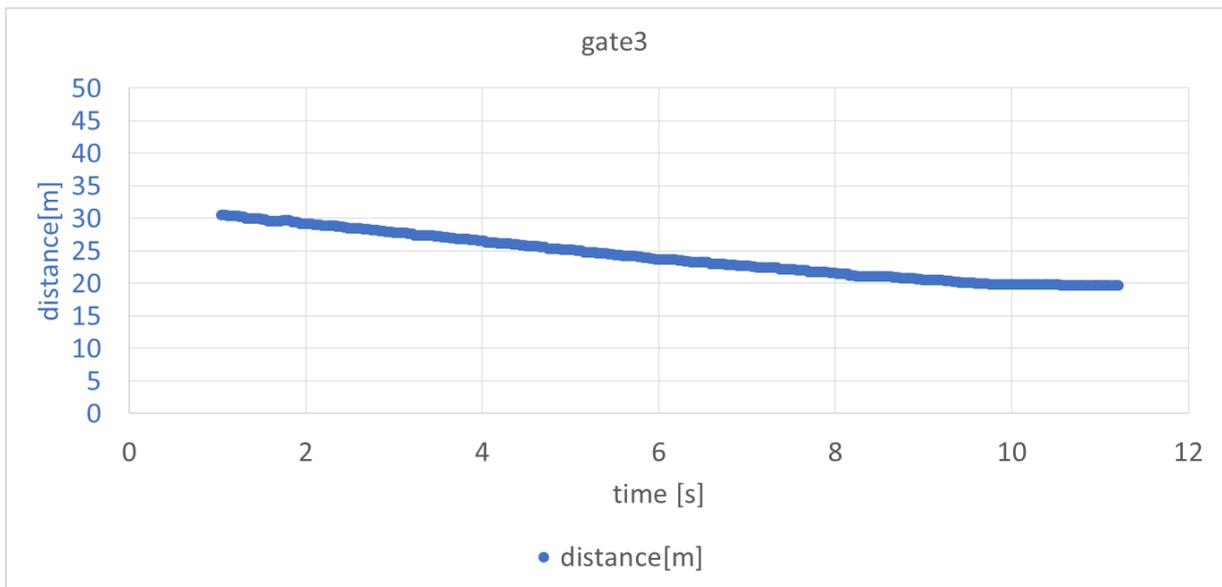


図 4-159 gate3 のバーゲートの検出距離

◆gate2 (河原子→南部図書館)



図 4-160 gate2 のバーゲート

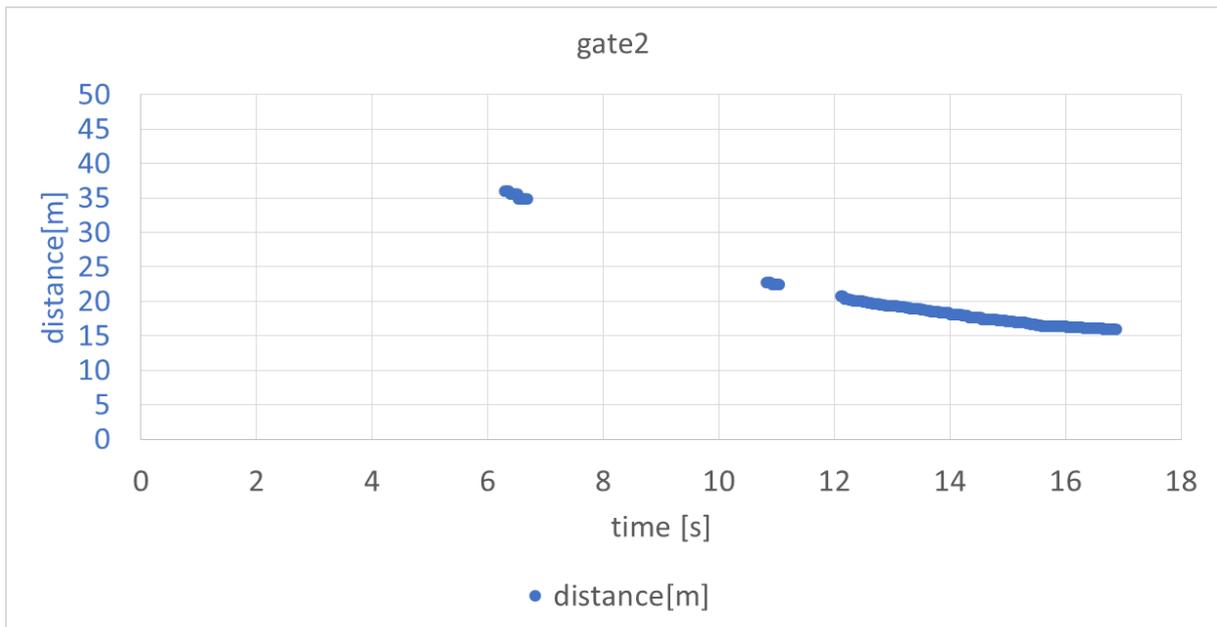


図 4-161 gate2 のバーゲートの検出距離

◆gate1 (河原子→南部図書館)



図 4-162 gate1 のバールゲート

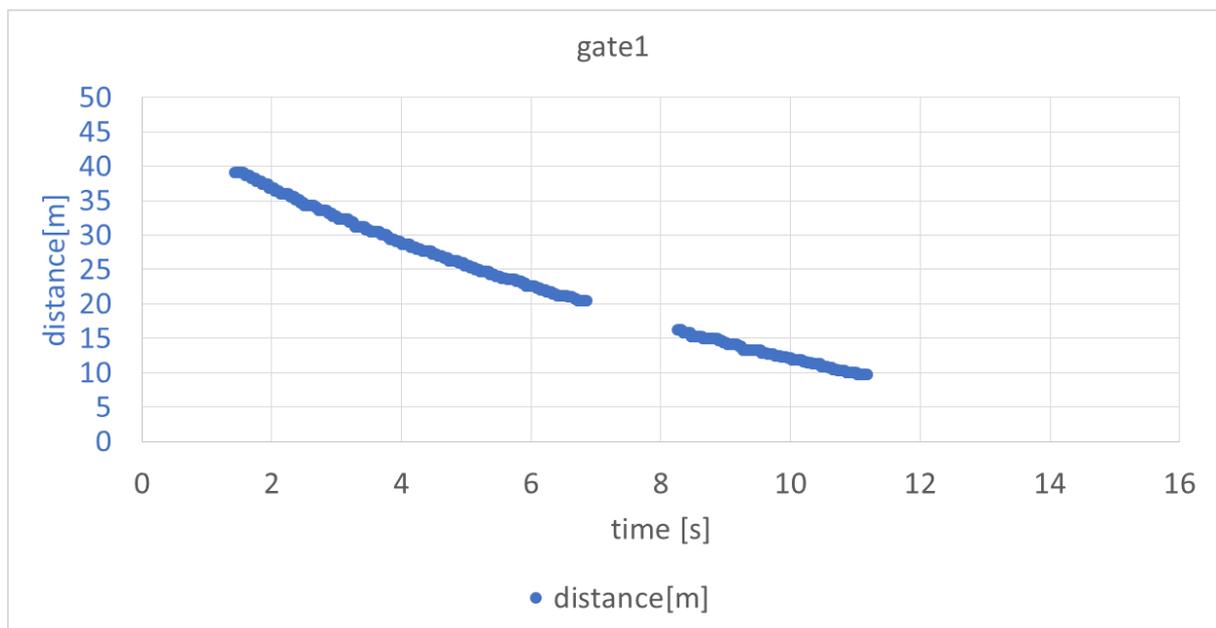


図 4-163 gate2 のバールゲートの検出距離

## No.9 信号なし+横断歩の時間

磯坪交差点のような見通しの悪いところでは車両の認識システムで検知することができなかった。

原因は近距離の固定物が優先されてしまい、遠くから近づいてくる車両の検知結果を制御に活かすことができなかつたためである。（事前の JARI 試験場のテストでは 60m 先の車両を検知できていた。詳細は、4.2.1 を参照のこと）

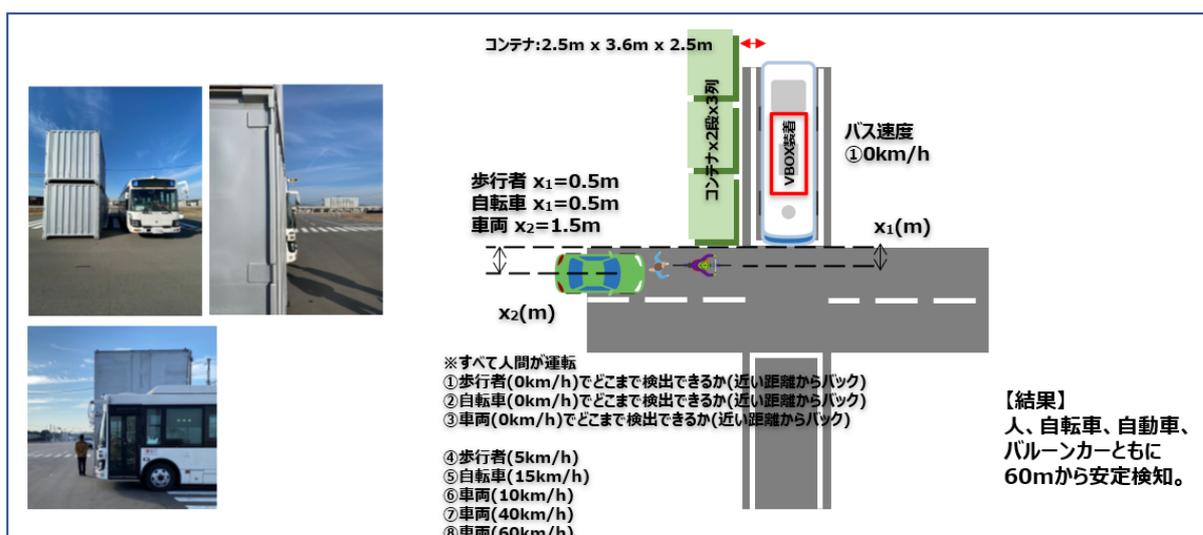


図 4-164 事前テスト結果

## No.10 信号交差点における信号認識時間

所要時間

0.4 秒（平均） 但し誤検知を除く。

## No.11 バス停での再発進時間

乗客がない場合、手動と自動では特に変化なし。

日立商業バス停以外のバス停では BRT 信号があり、対向バスが近づいている場合は、信号が赤になり、対向車両が通過すると青になる。この BRT 信号を認識するシステムを搭載しており、仕様及び確認結果を以下に示す。

### ■ BRT 信号の認識

#### ・カメラの選定と設置位置

ひたち BRT の BRT 信号に採用されている電灯は LED であることから、フリッカー対策で実績のある IMX390 センサを搭載するカメラを採用した。搭載したカメラスペックを以下の表に示す。

表 4-5 選定したカメラの仕様

項目	詳細
品番	PMQ\7=41K[ 96441KQ WP61564L, Pi tev 社製車載用カメラ-
センサ	IMX390(ソニー製車載用 CMOS イメージセンサー)
画角(水平/垂直)	121° /66°
解像度	1920(H) x 1080(V)
コネクタ	Fakra Z Type

バスが停留所の停車位置で止まると、BRT 信号機がバスの先端から 2~3m の位置まで近づく場合があり、車線の右側に BRT 信号機が設置してある場合もあることから、視野角の広い水平 120° のカメラを選定し、バス先端の左中腹部に設置した。

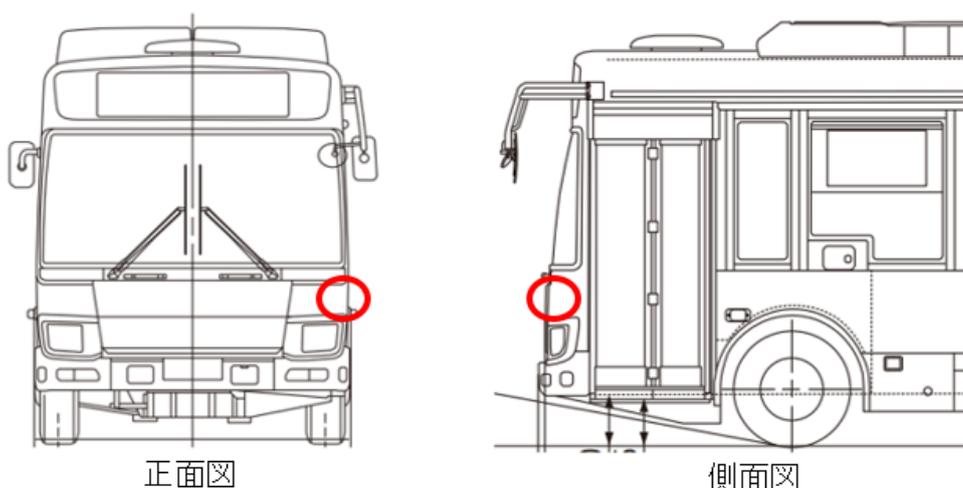


図 4-165 カメラの設置箇所

カメラの視野範囲を以下に示す。バスに対して様々な位置にくる信号機を認識するために複数のカメラを用いることも考えられたが、システムの複雑化を避けるため1台のカメラでBRT信号を認識させた。このカメラにより、全てのBRT信号機が視野範囲に入ることを現地にて確認した。

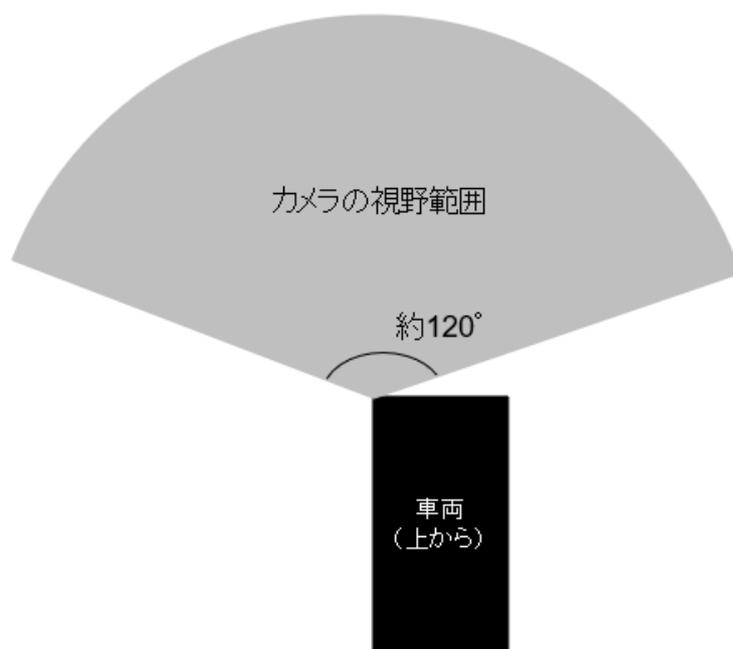


図 4-166 カメラの視野範囲

・カメラによるBRT信号の灯色認識アルゴリズムについて

実証試験前に準備できたBRT信号の画像データは青信号のみで赤信号の画像データはなかった。機械学習で赤・青の灯色を判別するための十分なデータを準備できなかったことから、信号機枠のみを機械学習により検知し、後段の画像処理によって赤・青の灯色を判別した。

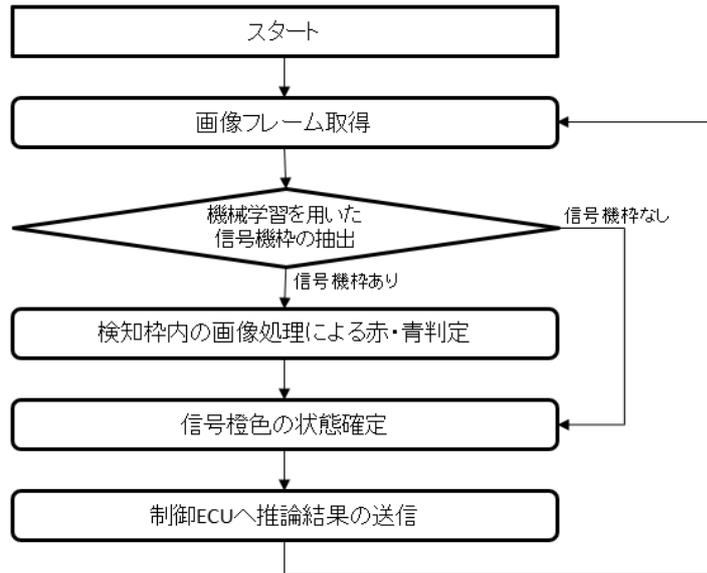


図 4-167 カメラによる BRT 信号灯色認識処理フロー

画像処理による赤・青判定アルゴリズムについては、前述した機械学習の推論による検知枠内において RGB 画素値の G の画素値が閾値以上であったときの画素数と、R の画素値が閾値以上であったときの画素数を比較し、G の画素数が多い場合に青、そうでない場合に赤と判定した。青信号の時の信号枠の画像とヒストグラムの例を以下に示す。

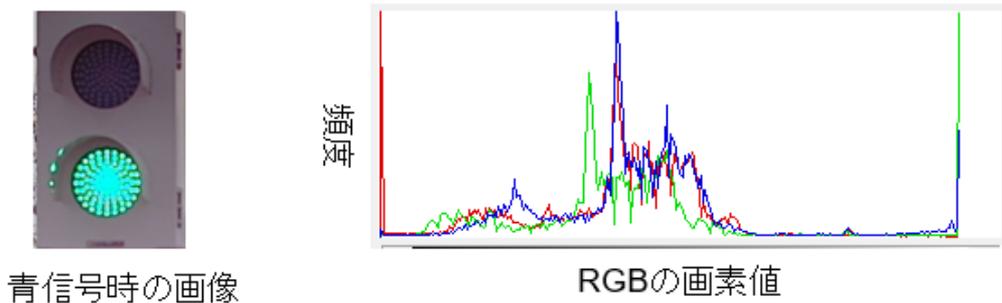


図 4-168 青信号時の信号枠の画像とヒストグラムの例

信号機枠の未検知や灯色誤判定によるチャタリングを抑制するため、前述の灯色判定結果の連続性を用いて状態を確定した。以下に信号灯色状態の遷移図を示す。例えば、図中の「赤 x 3」は赤色判定が 3 回連続で続いた場合に状態が遷移することを表す。

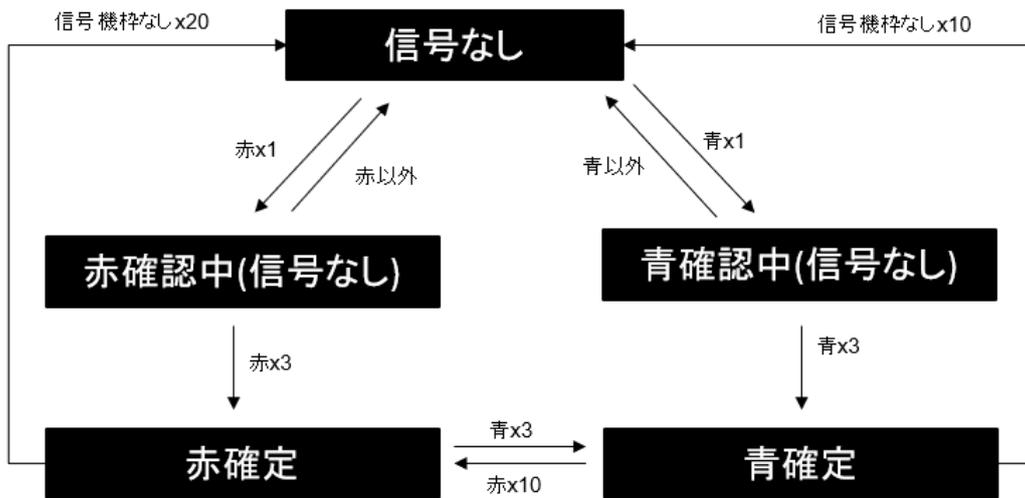


図 4-169 信号灯色状態の遷移図

・結果と今後の課題

2023/1/18～27の実証準備期間の1～8便(8:30頃～16:00頃)で確認した結果、896箇所のBRT信号のうち未検知が5回、誤検知が3回確認された。

誤検知には青信号を赤として誤認識する場合と青信号を赤として誤認識する場合の両方が見られた。誤検知の要因としては、搭載したカメラから得られた画質によるところと判定ロジックの甘さの両方があると考えられた。赤信号を青信号と誤認識した例では、西日が信号機に当たっている影響で映像からは赤信号と判断することが困難であった。このようなシーンでは取得する画像の画質向上が必要であると考えられる。一方、青信号を赤と誤認識した例では、明らかに青信号と見て取れるが、信号機の枠内における閾値を越えるRの画素数が閾値を越えるGの画素数よりも多くなったことによって誤認識した。



図 4-170 赤信号を青信号と誤認識した一例

2023/01/18 5 便 寺方にて(2023\_01\_18\_13\_14\_24\_.mkv 16:46)



図 4-171 青信号を赤と誤認識した一例

2023/01/27 3 便大沼にて (2023\_01\_27\_10\_29\_30\_.mkv 16:49)

機械学習で精度を上げるためには決まった箇所の信号機であっても、照度変化の影響によりカメラでの信号機の見え方が異なるため、様々な条件下（時間帯や天候）においてデータの蓄積が必要となる。今回の実証試験において取得したデータを追加し、信号灯色情報含めて機械学習することで灯色判別の精度向上を目指す。

## No.12 大甕駅ロータリー通過時間

所要時間

手動運転 : 133 秒

自動運転 : 178 秒 (平均値)

手動運転よりも速度を抑えているため、時間がかかっている。

## No.13、No.14 夜間の信号灯色認識の確率

2/27 2 往復、2/28 2 往復、合計 4 往復のデータを取得し、認識率は以下のようになった。

表 4-6 夜間の信号認識率

信号箇所	多賀駅行き	おさかなセンター行き
南部図書館バス停	4 回中 4 回 OK	—
日立商業下バス停前の信号	4 回中 4 回 OK	4 回中 4 回 OK
日立商業下バス停	4 回中 4 回 OK	4 回中 4 回 OK
どうのいり公園バス停	4 回中 4 回 OK	4 回中 4 回 OK
吹上橋バス停	4 回中 4 回 OK	2 回中 2 回 OK
臨海工場西手前の信号	4 回中 4 回 OK	—
臨海工場西バス停の信号	4 回中 4 回 OK	4 回中 4 回 OK
大甕駅西口出口の BRT 信号	4 回中 4 回 OK	4 回中 4 回 OK
泉が森バス停の信号	4 回中 4 回 OK	2 回中 2 回 OK
水木感応式信号	4 回中 4 回 OK	2 回中 2 回 OK
水木感応式信号後の BRT 信号	4 回中 4 回 OK	2 回中 2 回 OK
寺方バス停の信号	4 回中 4 回 OK	3 回中 3 回 OK
大沼小学校東バス停の信号	4 回中 3 回 OK	3 回中 3 回 OK
大沼バス停の信号	4 回中 4 回 OK	4 回中 4 回 OK
磯坪バス停の信号	4 回中 4 回 OK	4 回中 4 回 OK
河原子バス停の信号	4 回中 4 回 OK	4 回中 4 回 OK

夜間においては、昼間よりも判定に時間がかかる傾向がみられた。

認識率だけでなく、認識距離の拡大、信号灯色の判定時間の短縮が課題であり、これは、多様性においても重要な項目となる。

来年度に向けては、実証実験前により精度を上げられるよう、より多くの学習データを用いて信号認識の課題対策を検討していく。

4.2.1 で記載した追加機能に関して、歩道にいる歩行者に対する減速制御の検証結果を以下に示す。

- 歩道にいる歩行者に対する減速制御

専用道区間脇の歩道にいる歩行者を認識した場合は車両の速度を 15[km/h]まで減速し、歩行者を通り過ぎてから元の速度に戻すように制御した。今回の実証では車両の走行予定ルートから横方向に 3.5[m]の領域内に歩行者を検出した場合は車両を減速するようにした。以下に歩行者検出距離のグラフと制御目標速度の変化のグラフを示す。

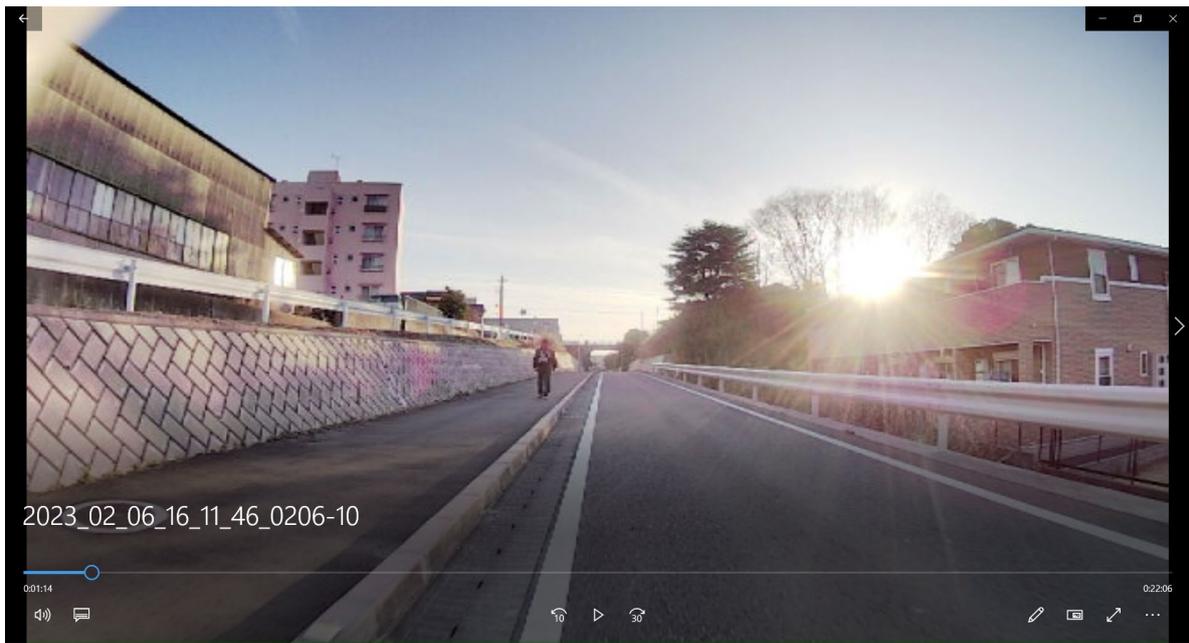


図 4-172 歩行者がいたシーンの画像

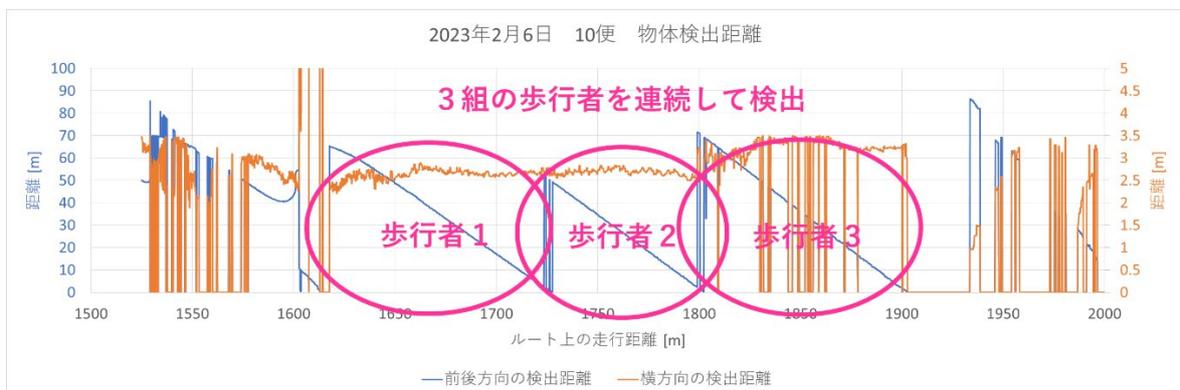


図 4-173 物体検出距離のグラフ

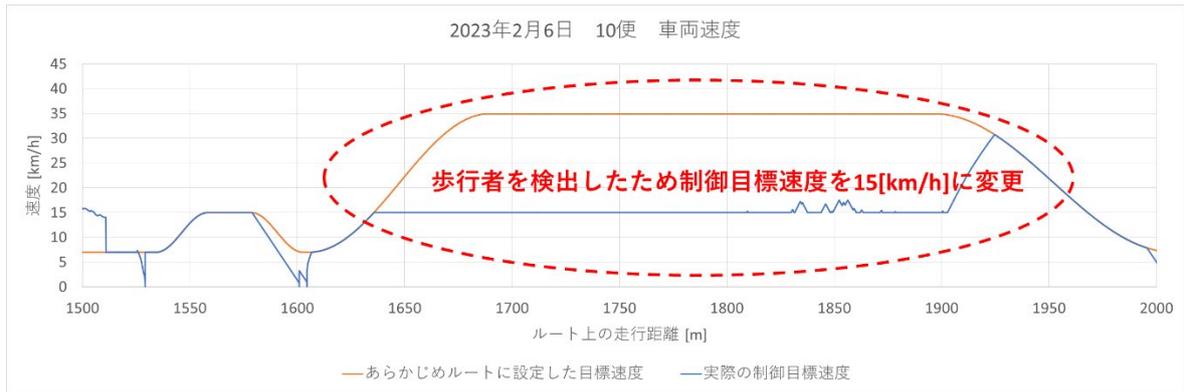


図 4-174 制御目標速度のグラフ

上のグラフから、あらかじめルートに設定していた目標速度は 35[km/h]まで加速する区間であったが、3組の歩行者を検出し、それぞれ横方向の距離が 2.5[m]~3.5[m]であったため、目標速度を 15[km/h]に落として走行しているのが見て取れる。

### 4.3.3. インフラ連携

#### (1) 車両側停止・発進制御

下記グラフは横軸を時間、左の縦軸が自律車両の実速度，右の縦軸が TTC の時間である。今回は2段階停止を必須としたため、交差車両（オレンジの点線）が  $TTC < 5$  秒となるタイミグより前に、ブレーキ制御が行われている（灰色の線が車速 5.2km/h から降下している）。交差車両の  $TTC < 5$  秒となるタイミグが 500ms~1s 手前のタイミグであれば（オレンジラインが赤破線にあれば）、自律車両はブレーキ動作を車速 3.5km/h から開始していた可能性がある。

このことから、インフラ情報を用いて車両の停止・発進の可能性があることが分かった。

- ※5秒間加速中に車載センサーから見える範囲は、30~40m
- ※5秒間減速中に車載センサーから見える範囲は、40~60m  
(次頁参照)

交差車両が1秒早いタイミグで存在した場合（仮定）のブレーキ開始タイミグ  
 車両速度 = 3.5km/h  
 停止までの走行距離 = 2.4m

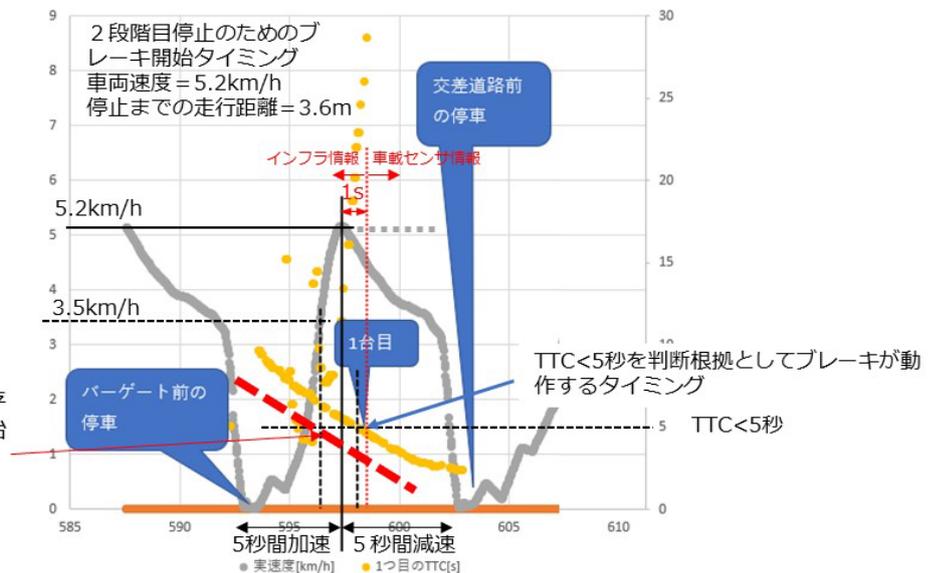


図 4-175 磯坪停車場北交差点での車両挙動

加速終了時の速度から減速せずに徐行（5.2km/h）を続けた場合、約1秒後（バスは約1m交差点に近づき視界が少し遠くまで広がり、交差車両は約1.1m交差点に近づく）、自律車両から障害物が見えるタイミグが来る。

この時点が  $TTC < 5$  のタイミグとほぼ同時となる。（前図で赤縦点線）

インフラ情報無しで、自律センサーのみでブレーキ操作が行われるとすると、やや強いブレーキ（残り4秒で停止する場合、0.04g相当、2段階停止の5秒の場合は0.03g相当で減速度として30%増）での制動になる。

このことから、インフラ情報を得る事によって、急ブレーキよりも約1秒前に制動を開始できるという意味で、インフラ情報の活用可能性がある事が分かった。

また、交差車両が死角内に無い事が証明できれば、徐行を続けて交差点を通過できる

可能性があることが分かる。

下図は、バースト手前停止線で自動運転バスが停止している状態を表している。

5秒間加速中に車載センサーから見えている範囲（距離）は加速開始時30m～加速終了時40mである。

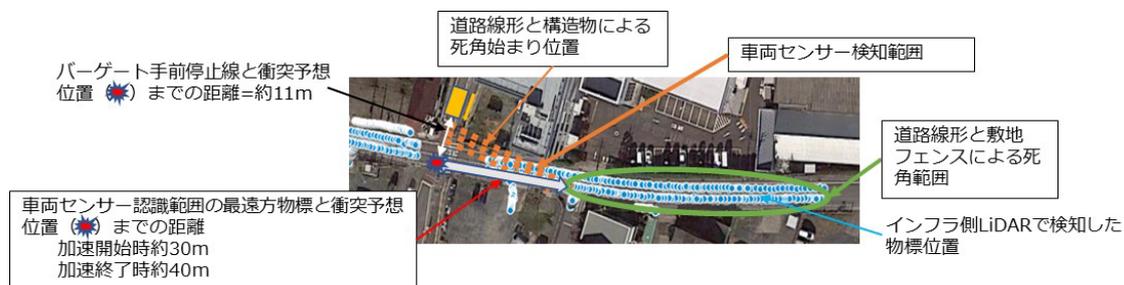


図 4-176 磯坪交差点 LiDAR ログデータと死角範囲  
(バースト手前停止線で車両が停止した状態)

下図は、交差点手前停止位置で自動運転バスが停止した状態を表している。

5秒間減速中に車載センサーから見えている範囲（距離）は減速開始時40m～減速終了時60mである。



図 4-177 磯坪交差点 LiDAR ログデータと死角範囲  
(交差点手前停止位置で車両が停止した状態)

実際の走行は、バースト手前停止線から加速終了地点まで、速度が0→5.2km/h、5秒間で3.6mを走行し、その後交差点停止位置まで同様の時間、距離で停止した。(下表①と④参照)

仮に加速終了地点から減速せず徐行を続けた場合、交差道路に存在する障害物までの距離は約58mと試算され(下表②参照)、加速終了地点から車載センサーが検知できる距離は40m程度(全頁図参照)であることから、58m先の障害物は死角内に存在してい

る事になる。

この位置の障害物の物標情報は、車載センサーが障害物を捉えるより前に、インフラ側から情報を得ることで、車両のブレーキを作動させ、車載センサー単独での制御よりも、より安全性が高まる方向で停止できる可能性がある。

同様の計算を交差点を通過しきるまでの想定で行った所（下表③参照）、障害物までの距離は 127m と算定され、このような位置では、一般車両等障害物側の減速なども予想される距離であり、また、インフラ側検知範囲も超えているため、インフラ情報が活用できるかどうかについては、引き続き別種の検討が必要である。

表 4-7 加速終了地点から徐行を続けた場合の試算

地点	距離 (m)	速度 (km/h)	時間 (秒)	障害物までの距離 (m)	備考
①バースト手前停止線から加速終了地点（減速開始地点）	3.6	0→5.2	5	—	加速度 0.03G(実際の走行)
②加速終了地点から交差点道路障害物との衝突予想地点	7.4	5.2	5.2	58	バースト手前停止線から衝突予測地点の距離 = 11m から①の距離 3.6m を引いた値 = 7.4m 加速終了地点から時速 5.2km/h で徐行し続けた場合
③交差点通過	16.4	5.2	11.4	127	バス長さ 9 m
(参考) ④減速開始地点から交差点手前停止位置	3.6	5.2→0	5	—	減速度 0.03G(実際の走行)

※障害物までの距離：交差点道路に存在する障害物と衝突予想地点の距離、速度 40km/h の場合

## (2) 結果の考察と課題

今回の実験では、交差点で 2 段階（バースト前と交差点進入直前）停止としたため、 $TTC < 5$  秒を判断理由としてブレーキが掛かった事実（ログ）は無かったが、見通しの悪い交差点の交差側道路の障害物情報（位置、速度）を自律車両は受信し、 $TTC$  算定を行った事を確認した。

磯坪交差点を南進（多賀駅→おさかな C）するバスの左手には道路線形と建物敷地の塀の位置関係から自律車両にとって死角となる範囲がある。死角内の障害物情報に基づく  $TTC$  を判断根拠とすれば、交差点手前の 2 段階目の停止を必須としなくとも、より安全性が高まるタイミングでの自動ブレーキ制御を行える可能性があることが分かった。

障害物検知性能（未検知、誤検知）、通信性能（遅延、速度）の向上は課題である。今回は自律車両と通信対象の信号柱が 1 対 1 だったが、将来的には多対多になる事が予想されるため、信号配信サーバーをどのように構築していくのかは課題である。

死角内の複数の障害物情報に基づく  $TTC$  算定と自律車両の位置と速度を連動させて

制御するプログラムの搭載が必要である。

交差点手前で停止せずに交差点を通過する（通過時間短縮によるサービス性の向上）ためには、インフラ側情報の遠方の検知精度が一層向上し、センサーを複数台設置するなどの方法で、死角内に物標が「無い」事を証明する仕組みが必要である。また、遠方距離の障害物の危険回避の減速操作等とインフラ情報活用の関連性について、引き続き検討が必要である。

※TTC： Time to Collision

衝突対象となる車両との距離を速度の差（相対速度）で割ることで算出される、衝突までの時間

#### 4.3.4. 走行結果からの考察

単路部での走行時間は、乗務員の運転とほぼ変わらないが、バーゲート通過時に2段階で停車するため、手動運転より時間がかかる傾向にある。バーゲートの認識信頼性を向上できれば、バーゲートが正常動作しているときは1回の停車で済ませることができると考えられる。

磯坪交差点など、見通しの悪い交差点においては、車両に搭載した認識システムで検知した結果を制御に活かすことができなかった。これは、LiDARの検知結果にカメラの物標情報をフュージョンするシステムとしていたため、LiDARの情報のみで物体を検知した場合に、その情報を制御システムに送ることができなかった。来期は、カメラ搭載位置を変更し、見通しの悪い交差点での交差車両等を自動運転バスから検知できるようにする。

信号認識においては、R4年度現地実証実験前にBRT信号の学習ができなかったことから実走行で取得したデータを学習させて認識率を向上させていったが、十分なデータが取れなかった。特に夜間のデータが不足している。来季に向けては、走行前にデータ計測のための走行（手動）を行うことも検討していく必要がある。

## 第5章 遠隔監視システムの開発

### 5.1.1. 遠隔システムの高度化

(1) 遠隔監視者や無人車両内外への HMI の高度化に向けた機能の検討

1) 遠隔監視者の HMI の検討

(A) 通常走行時の対応に向けた遠隔監視システムの改造

プロジェクトにおける遠隔監視の役割、及び遠隔監視の高度化のテーマ2において、特に無人化におけるバスの実用化を見据えた、遠隔監視に求められる機能や性能などの高度化を図り必要とされる通信システムに関する技術開発を行う。ここでは、通常時における遠隔監視システムを構築し、通信の確立と評価を行った。

a) 目標

遠隔監視者の役割を満たすための高信頼通信や機能拡張に向けた通信システムの高度化に向け監視側への呼び出しや通話等への対応を行うとともに、実環境を模擬したシステムでの実証までを行う。

b) 遠隔監視システムの全体構成

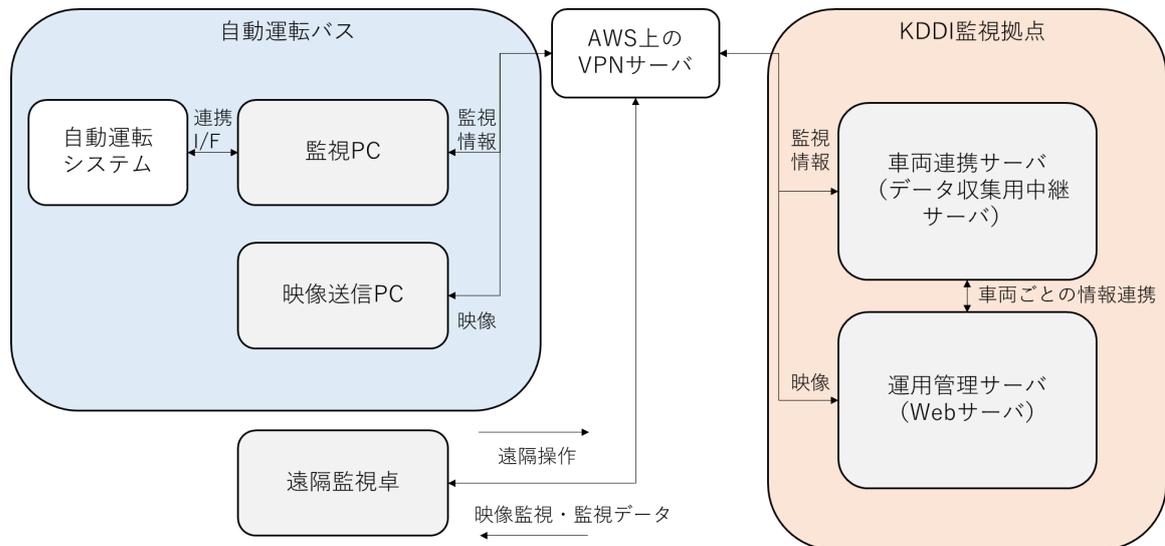


図 5-1 遠隔監視システム全体構成

c) 遠隔監視システムの概要

監視拠点に設置した2台のサーバと、自動運転バスに搭載する2台のPC、そして監視画面を表示する遠隔監視卓PCで構成され、各機器はAWS上に構築されたVPNサーバを用いて接続される。

監視拠点に設置されている車両連携サーバは、車載監視PCと通信して監視情報を取

集し、収集結果を運用管理サーバに連携する。運用管理サーバは収集したデータを管理するとともに Web サーバの機能を有しており、遠隔監視卓で表示する監視画面を提供する。運用管理サーバはまた映像配信機能を具備しており、映像送信 PC から受信した映像 packets (RTP) を映像ファイルに変換して保持し、HLS 形式で映像配信を行うことができる。

車載機として設置される監視 PC は自動運転システムとの連携インターフェースを具備し、TCP 通信によって、車両情報を受信するとともに、遠隔監視卓から操作された遠隔操作情報を連携する。映像送信 PC は接続された USB カメラの映像を MP-Factory (KDDI 総合研究所製映像処理ライブラリ) を用いてエンコーディングし、運用管理サーバに向けて送信する。

遠隔監視卓は監視画面表示を行い、自動運転システムから監視 PC を通じて収集された情報を画面表示し、監視画面に配置されたボタンを通じて、遠隔操作 (MRM の通知およびドアの開閉) 信号を自動運転システムに送信することができる。

本遠隔監視システムに関して以下の 5 項目の作業を実施した。実施作業は、サーバへの適用および、車載機材への直接の設定という形式で行った。

#### (ア) 自動運転バス連携インターフェースの実装

自動運転システムから遠隔監視システムが受信する連携項目として、MRM、ウィンカ、ack (遠隔操作の成否を連携) の追加定義を行った。

- ・連携フォーマットに合わせたインターフェースの作成

監視 PC はオープンソースの自動運転ソフトウェア Autoware ベースで構築しており、Autoware は ROS (RobotOS) 上で動作している。他の自動運転システムと連携するにあたり、ROS 上に送受信の連携ノードをそれぞれ作成し、データ連携機能を実装した。収集したデータは監視エージェントのノードを通じて外部のサーバに送信される。

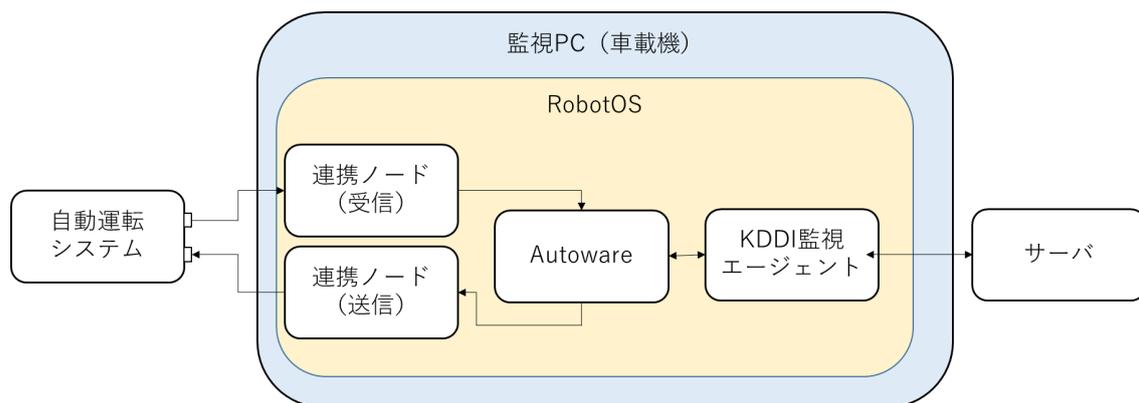


図 5-2 連携インターフェースの実装

- ・連携インターフェース用の GUI 改修 (ボタンの追加、MRM 表示)

連携インターフェースによって受信した情報の表示、および遠隔操作のボタン押下を連携インターフェースに配置するためのボタンを遠隔監視卓で表示する監視画面に追加した。



図 5-3 連携インターフェース用の GUI 改修

(イ) 実験に合わせた GUI カスタマイズ

KDDI 遠隔監視システムの自動運転バスからの情報に関する項目に絞って、遠隔監視卓で表示する GUI の表示のカスタマイズを実施した。

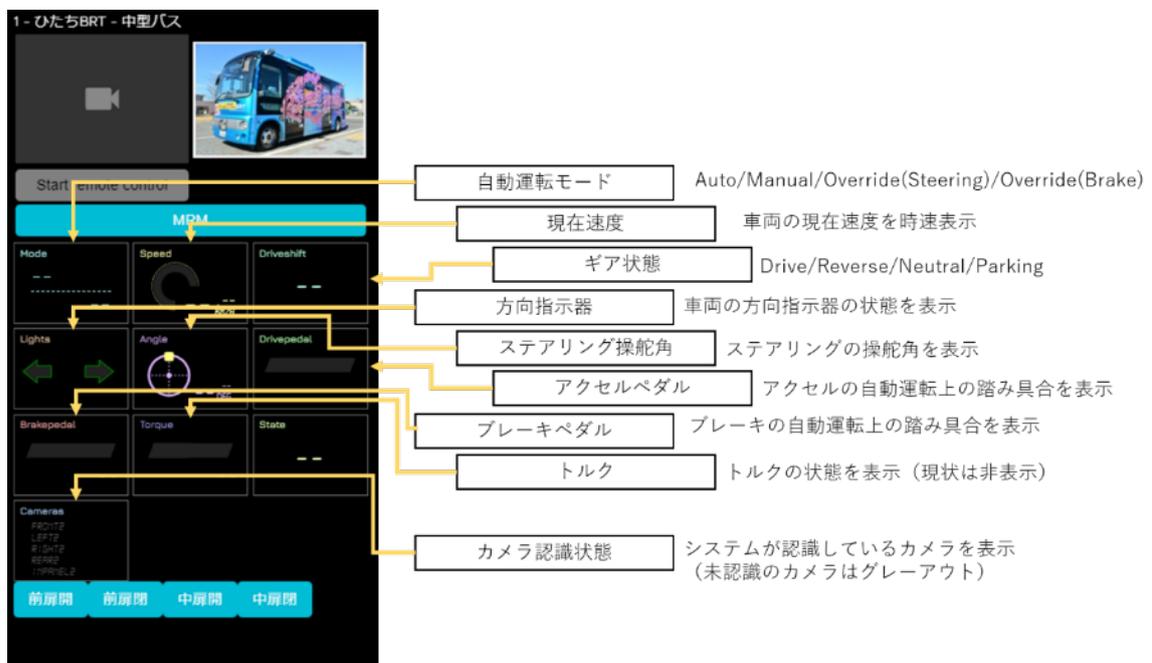


図 5-4 実験用 GUI カスタマイズ

(ウ) 自動運転バスの電源 ON/OFF に連動した自動起動および自動終了動作の設定

- ・自動起動動作の設定

Autoware および監視ノードを起動するスクリプト (kams\_auto.sh) の作成

Ubuntu の自動起動するアプリケーションの機能への設定登録

- ・自動終了動作の設定

UPS 連携ソフトウェアの導入と自動シャットダウンするソフトウェアの設定

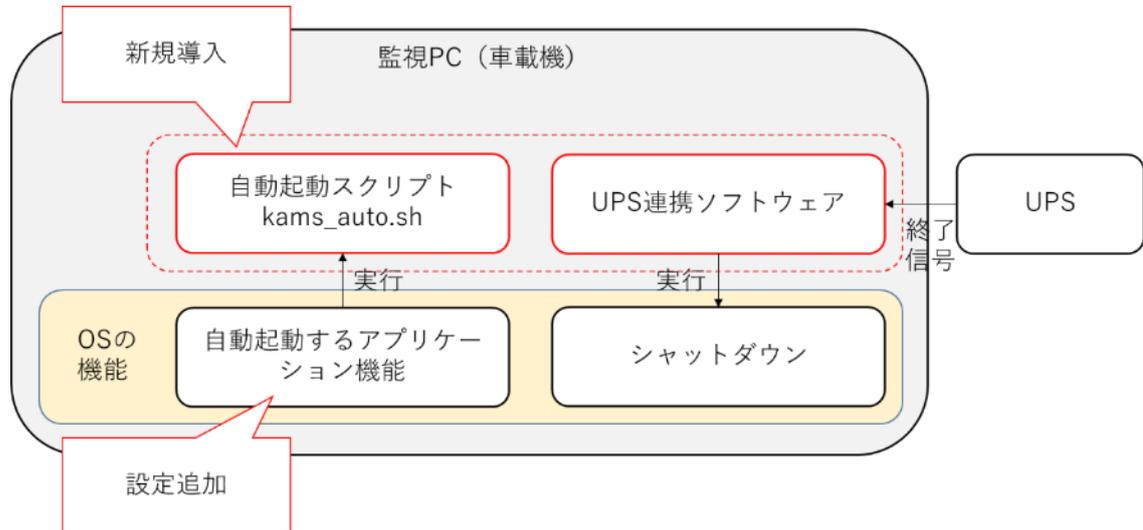


図 5-5 監視 PC の自動起動/終了動作の構成

(エ) 車載機材への警報機連動動作の追加

車載監視 PC へ接続した物理ボタンを、監視卓 PC に連携する動作を追加した。

- ・物理ボタンを押した場合に生成されるファイルを読み取る python スクリプトの作成
- ・watch コマンドによる定期実行の設定
- ・ファイル共有機能を用いた監視卓 PC へのファイル転送

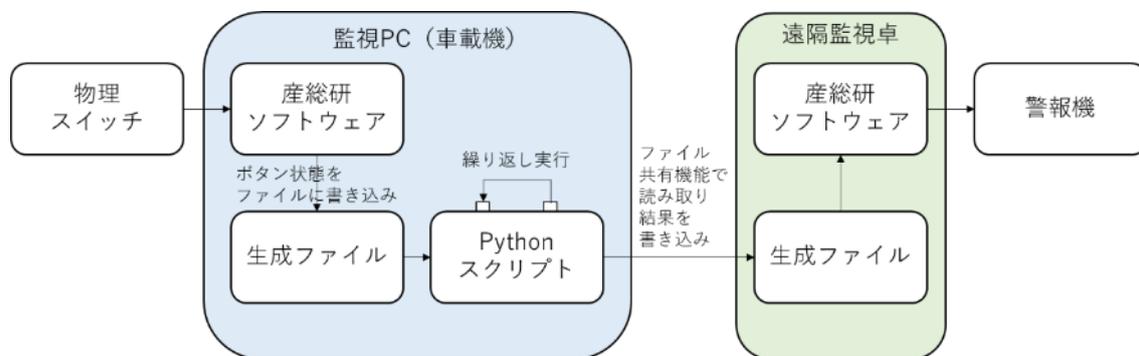


図 5-6 監視 PC の自動起動/終了動作の構成

(オ) 自動運転バス監視システムの現地調整作業

産総研つくば北サイトおよび産総研つくば中央第2事業所にて、車載機材へのソフトウェアインストールおよび動作連携設定作業を実施するとともに、実際の通信の確認を行いデータの送受信が行われることを確認した。

## 2) 無人車両の車内外への HMI の検討

### (A) 車内への HMI

#### a) はじめに

自動運転技術の発達は、現在のモビリティサービスのエコシステムに影響を与えると予想される。例えば、運転免許証を返納する高齢者の増加や鉄道の廃線により、地域住民の日常生活を支えるモビリティサービスとして、路線バスの確保と充実が求められている。その一方で、バス乗務員の不足により、多くの地域で、バス路線の確保や運行ダイヤの維持が困難な状況にある。このような問題の解決手段として、無人自動運転技術への期待が高まっている。

無人自動運転バスでは、乗務員や乗務員が車内にいないため、乗務員が行っていた乗客向けの情報提示やサービス提供は、ヒューマンマシンインタフェース (Human machine interface: HMI) を介して、遠隔にいる管理者から提供される必要がある。そのため、車内 HMI を適切に設置しなければ、乗客の無人自動運転バスに対する信頼感や受容性は大きく低下する可能性がある。また、何か異常イベントが発生し、緊急対応が必要な時には、乗客が遠隔管理者と円滑にコミュニケーションできる手段も重要だろう。さらに、犯罪や破壊行為、または健康上の緊急事態の監視について、マイクロフォンよりもカメラでの車内監視が望まれていることが報告されている[文献 5.1.1-1]。したがって、乗客の信頼感や受容性を高めるためには、乗客の安全が遠隔監視されており、何か異常イベントが発生した際には、車内 HMI を介して遠隔管理者がすぐに対処できることを保証することが必要と考えられる。

#### b) 関連研究

無人自動運転バスにおける乗客向けの車内 HMI を検討するにあたり、国内外における先行研究を調査した。Stadler ら[文献 5.1.1-2]は、自動運転車両における乗員の不快感を軽減するための HMI デザインを検討するため、仮想現実 (Virtual reality: VR) 実験を行い、乗客の行動や快適性を評価した。その結果、無人車両の運行状況などの情報を提供する HMI が高い快適性をもたらすと結論づけた。Biermann ら[文献 5.1.1-1]は、高性能自律移動サービスに対するユーザの態度や、コミュニケーション技術・サービスに対するユーザの要求を探るため、オンラインアンケート調査を実施した。その結果、人々は自動運転に対して肯定的な態度を持っていることが示された。Mirnig ら[文献 5.1.1-3]は、自動運転シャトルバスにおける経路情報の最適な表示デザインについて検討した。参加者に3つのデザイン (伝統的な文字ベースの停留所リスト、抽象的な地図、現実的な地図) を体験させ、どのデザインが最も優れているかを調査した。その結果、乗客は伝統

的な文字ベースの停留所リストのデザインを好むことが分かった。Fröhlich ら[文献 5.1.1-4]は、試乗会の参加者を対象に、自動運転車両の認識・意思伝達に対する乗客の要求を調査し、「テキスト」・「アイコン」・「拡張現実 (Augmented reality: AR)」の中から、最適なデザイン要素を導き出すことを試みた。その結果、車両認識・意思伝達のための画面が必要であることと、その三つのデザイン要素の組み合わせを使うことで、より効果的であることがわかった。Oliveira ら[文献 5.1.1-5]は、自動運転車両とのインタラクションにインタフェースがどのように影響するかを評価した。具体的には、レベル 4 自動運転車両を用い、好みのインタフェース装置を探索するため、アンケート調査によって、信頼感、有用性、ユーザ体験、作業負荷を測定した。その結果、参加者はタブレットとオーバーヘッドディスプレイを好んで使用することが分かった。このように、先行研究では、アンケート調査や VR を用いた実験によって、自動運転車両に対する受容性や快適性が検討されている。

c) 本研究の目的



図 5-7 VR 実験スペースに着座し、VR ゴーグルおよびコントローラーを装着した実験参加者

本研究は、無人自動運転バスにおける車内 HMI の情報提示の内容や方法を検討することを目的とした。特に、遠隔管理者の顔を車内 HMI に映すことで、自動運転バスに対する受容性や信頼感が向上するかどうかを検証した。この目的のため、無人自動運転バスの車内の状況を再現する VR 環境を構築し、実験参加者に、無人自動運転バスの (1) 通常の走行、および (2) 緊急対応が必要な異常イベントの発生を含む走行を、VR で体験してもらった。体験後、無人自動運転バスに関する主観評価を計測した。

d) バス車内を模擬した VR 環境の構築

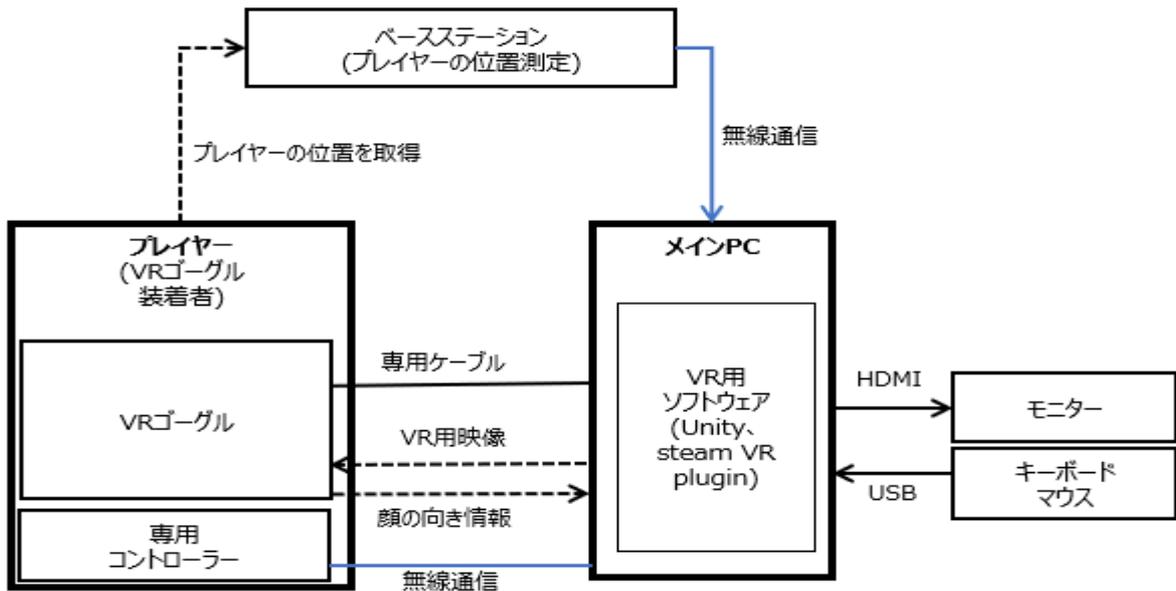


図 5-8 VR システムの構成図

様々な走行場面での無人自動運転バス車内の状況を再現するための VR 環境を構築した (図 5-7)。VR デバイスとして、VALVE 社製 INDEX VR を用いた。VR 環境下で用いるトラッカー機器として、VIVE トラッカーを用いた。バスの車内を想定し、複数名の人が入れる広さの VR 環境を構築した。図 5-8 に、VR 環境を実行するシステムの構成図を示した。VR 機器と PC を USB で接続し、モニターで確認できるように構成した。自動走行バス (いすゞ社製エルガミオ) の車内をできる限り精密に再現した。バス車内では、実験参加者に向けた表示として、運転席の背後に車内モニターを設置し、HMI としての様々な情報提示を行えるようにした。

無人自動運転バスの (1) 通常の走行、および (2) 異常イベント発生を含む走行を再現した、二つのシナリオを作成した (以下、「通常走行シナリオ」と「異常走行シナリオ」とする)。これら二つのシナリオにおいて、車内 HMI の情報提示、すなわち遠隔管理者の顔なし (図 5-9) および顔出し (図 5-10) を操作した。



図 5-9 VR 環境上の無人自動運転バスの内部と車内モニター：遠隔管理者の顔なし条件



図 5-10 VR 環境上の無人自動運転バスの内部と車内モニタ：遠隔管理者の顔出し条件

e) 実験

(i) 実験参加者

実験参加者は 60 名であった（20～60 歳の男女 30 名ずつ）。走行シナリオ（通常走行シナリオと異常走行シナリオ）と情報提示方法（遠隔管理者の顔なしと顔出し）を組み合わせた 3 グループ（エラー! 参照元が見つかりません。）に、年齢・性別に偏りのないよう、20 名ずつを割り振った：グループ A（遠隔監視者の顔なしで通常走行シナリオを体験後、同じく顔なしで異常走行シナリオを体験）、グループ B（顔なしで通常走行シナリオを体験後、遠隔監視者の顔映像が提示された状態での異常走行シナリオを体験）、グループ C（顔映像が提示された状態での通常走行シナリオを体験後、同じく顔映像が提示された状態での異常走行シナリオを体験）。

表 5-1 実験条件

グループ	通常走行シナリオ	異常走行シナリオ
A (N = 20)	顔なし	顔なし
B (N = 20)	顔なし	顔出し
C (N = 20)	顔出し	顔出し

実験は産業技術総合研究所の人間工学実験倫理審査委員会の承認を得たうえで実施した。実験実施前に、実験参加者に実験の目的・方法の概要、および実験参加者の権利について説明し、インフォームドコンセントを得た。

(ii) 実験シナリオ

図 5-11 に、通常走行シナリオと異常走行シナリオのタイムラインを示した。通常走行シナリオは、挨拶放送・発車・右旋回・急ブレーキ・次の停留所の案内・停留所への到着というイベントから構成された。これらのイベントに合わせて、車内モニタにイベントの視覚情報を提示するとともに、車内放送を模擬した聴覚情報を提示した。顔なし条件

では、「発車」・「右左折」・「加減速」・「乗降中」を反映する文字とイラストを提示するとともに、車内アナウンスを提示した。顔出し条件では、顔なし条件におけるイラストに代えて、遠隔管理者の映像を提示した。異常走行シナリオは、上記の通常走行シナリオと基本的に同じであったが、シナリオの後半で、他の乗客が急に転倒するイベントが発生した。二つのシナリオはともに5分30秒程度であった。

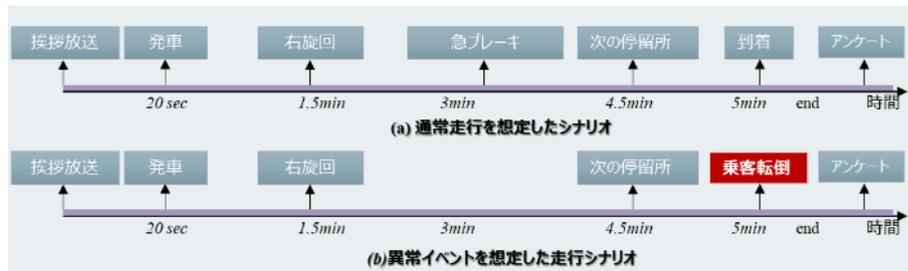


図 5-11 通常走行シナリオ（上）と異常走行シナリオ（下）のタイムライン

### (iii) 実験参加者への教示

実験参加者は、VR 実験スペースの座席に着座し、VR ゴーグルとコントローラーを装着した（図 5-7）。装着後、VR 空間内で無人自動運転バスの座席に乗客として着座した状態になったのを確認した後、シナリオの提示を開始した。実験参加者には、(1) バスの座席に着座した状態で、車内モニタに映っている情報や車内放送を視聴すること、(2) 何か異常なイベントが発生した際には、前の座席の背面に設置された緊急通報ボタンを押し、同じく前の座席の背面に設置された通話インターフェースを介して、遠隔管理者に口頭で異常イベントについて報告すること（実験参加者は、顔なし条件では遠隔管理者の顔が見えない状態で、顔出し条件では遠隔管理者の顔が見える状態で、異常イベントについて口頭で報告した）、および(3) 走行終了後に、無人自動運転バスおよび車内 HMI に関する質問に回答することを求めた（信頼感については、自動運転バスに対する信用などの質問項目について 7 段階評価を、受容性については、自動運転バスの好ましさなどの質問項目について 5 段階評価を求めた）。

### (iv) 実験結果

信頼感：通常走行および異常走行シナリオともに、遠隔管理者の顔出しは、無人自動運転バスに対する信頼感に顕著な影響を与えなかった（図 5-12）。

受容性：通常走行および異常走行シナリオともに、遠隔管理者の顔出しは、無人自動運転バスの受容性に顕著な影響を与えなかった（図 5-13）。

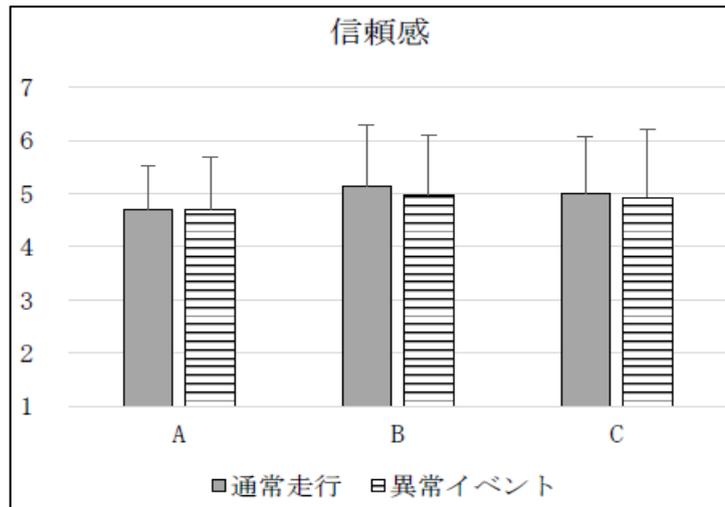


図 5-12 無人自動運転バスに対する信頼感。

エラーバーは標準偏差。評価値が大きいほど、信頼感が高いことを意味する。評価値が大きいほど、信頼感が高いことを意味する。

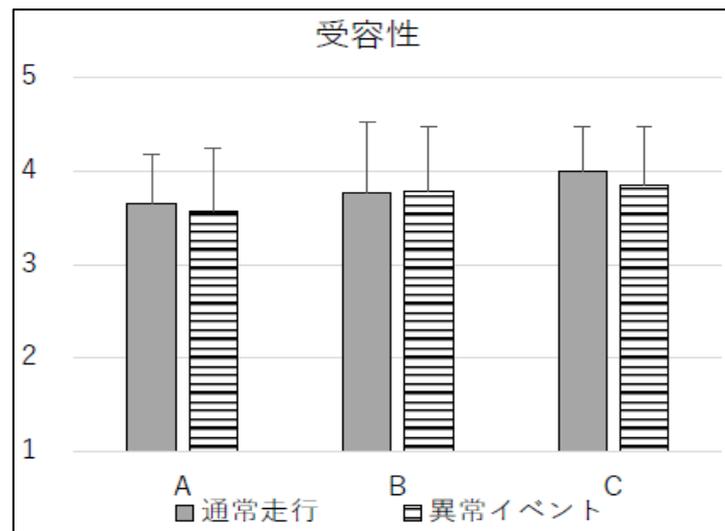


図 5-13 無人自動運転バスに対する受容性。

エラーバーは標準偏差。評価値が大きいほど、受容性が高いことを意味する。評価値が大きいほど、受容性が高いことを意味する。

#### f) 考察

本研究の結果から、車内 HMI に遠隔管理者の顔映像を提示したとしても、無人自動運転バスに対する乗客の信頼性・受容性の顕著な向上は見込めないことが示された。車内 HMI に遠隔管理者の顔映像提示を実装し、かつそれを維持することは、バス運行事業者にとって比較的大きな負担となると考えられる。少なくとも本研究の結果からは、このような負担に見合った有益な効果は期待できないことが示唆される。

g) 文献

[文献 5.1.1-1] H. Biermann et al. "Shut Up and Drive? User Requirements for Communication Services in Autonomous Driving." In: Krömker H. (eds) HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems. Automated Driving and In-Vehicle Experience Design. HCII 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12212. Springer, Cham.

[文献 5.1.1-2] S. Stadler et al. "Designing Tomorrow's Human-Machine Interfaces in Autonomous Vehicles: An Exploratory Study in Virtual Reality." Augmented Reality and Virtual Reality. Springer, Cham, 2020. 151-160.

[文献 5.1.1-3] A.G. Mirnig et al. "Where does it go? A study on visual on-screen designs for exit management in an automated shuttle bus." Proceedings of the 11th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, 2019, 233-243.

[文献 5.1.1-4] P. Fröhlich et al. "'What's the Robo-Driver up to?' Requirements for Screen-based Awareness and Intent Communication in Autonomous Buses." i-com 18.2, 2019. 151-165.

[文献 5.1.1-5] L. Oliveira et al. "Evaluating How Interfaces Influence the User Interaction with Fully Autonomous Vehicles." Automotive UI '18: Proceedings of the 10th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, September 2018. 320-331.

## (B) 車外への HMI

### a) 自動運転バスが歩行者に接近する際の車外放送による車外 HMI の提供

#### (ア) 概要

自動運転バスの無人運行を想定する場合には、乗務員が操作するのではなく、センサやアルゴリズムを使用して運転を行うため、周囲他の交通参加者に対して乗務員が自車の状態や意図を適宜伝えることができなくなる。自動運転バスは、周囲の車両や歩行者との協調運転が必要な場合があるため、車外向けのヒューマンマシンインタフェース (Human machine interface: HMI) を通して周囲の人々に自身の意図を正確に伝えることで、協調運転を円滑に行うことができると考える。ひたち BRT 自動運転バスの運行状況における車外向け HMI のユースケースについて、2021 年度の検討を含めて、今年度は自動運転バスと歩行者の「接近・回避」の場面を中心に、産総研所内のテストコースにて予備実験を行い、ひたち BRT 自動運転バスへの実装を向けてシステムの構築を行った。

自動運転バスが歩行者に接近する際に、安全を確保しようとする、歩行者が車道に近い場合、バスの減速が必要となる。従来は、乗務員が車外へのコミュニケーション(アイコンタクト、ジェスチャー等)を担ってきたが、無人自動運転ではこれらを代替するシステムの構築が必要である。

そこで、歩行者や乗客の安全性を確保することを目的として、車外放送によって自動運転バスが周囲にいることを知らせるシステムの構築を行った。そして、車外向けの放送の内容や音量を決めるに、テストコースにて被験者 5 名で予備実験を行った。予備実験では、ひたち BRT の運行状況を想定した走行速度 (35km/h) で実験車両を走行しながら、以下の内容を車外向けに放送した。

「(チャイム) バスにご注意ください。」

「(チャイム) 車道から離れてください。」

「(チャイム) 安全な距離をお取りください。」

「(チャイム) バスが通ります。安全な距離をお取りください。」

「(チャイム) 車道にご注意ください。こちらは自動運転バスです。」

#### (イ) 実験システムの構築と現地評価

今後、車外 HMI の実装を想定した場合において、実際のバスで車外 HMI が実装できるように、実験システムの構築を行った。今回の実験システムは、GPS と速度を基準としたトリガーで車外 HMI が発生されるように設定を行った。今年度は、住民の受容性等の影響を考慮し、実証実験中に音声を流すのは控えた。一方で、本システムの有効性を確認するため、実際にひたち BRT のバスに本システムを搭載し、取得したセンサの値を用いてシステムの正確な稼働を確認した。

図 5-14 に本実験システムの構成を示す。

車外スピーカは、自動運転バスの前方左側に設置した。

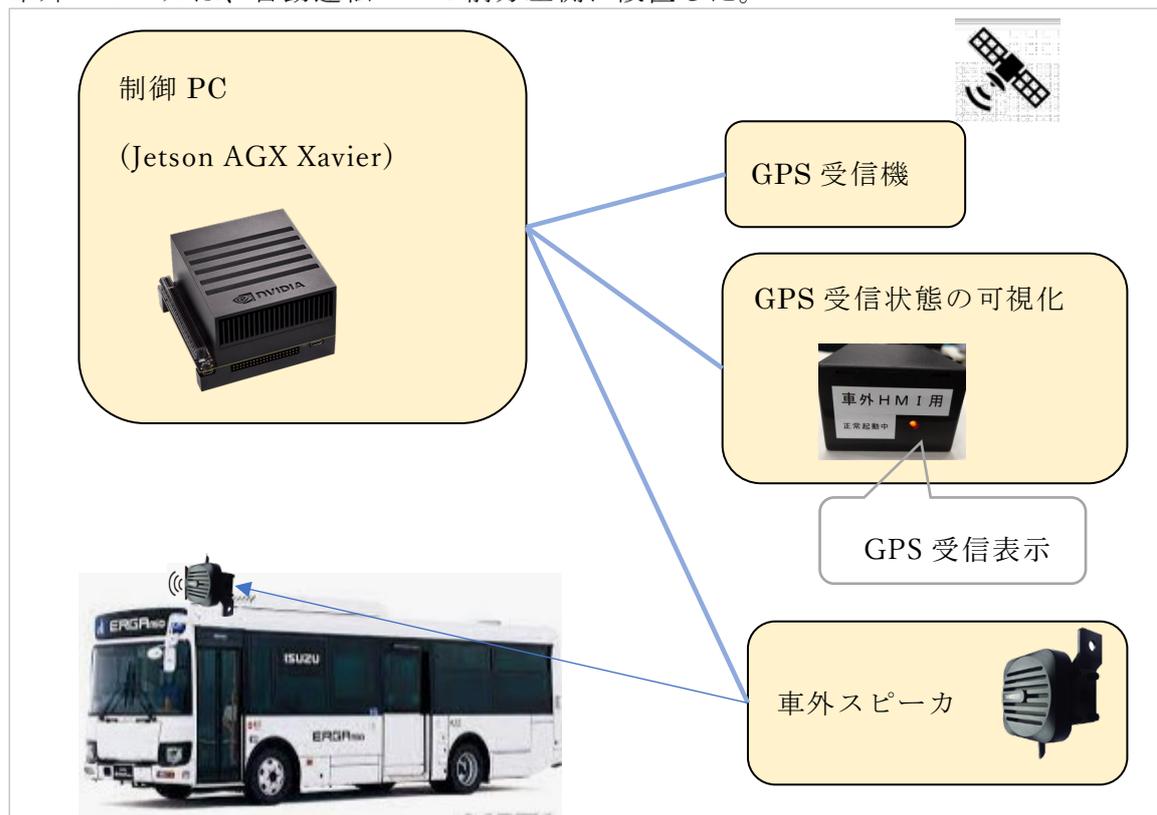


図 5-14 実験システムの構成

車外 HMI 発生の仕様を以下に示す。

- ・放送音量：エンジン音と合わせて<math>80\text{db}</math>；30mくらい離れたところから認識できる。  
(産総研構内予備実験で確認)
- ・放送内容：「(チャイム音)車道にご注意ください。こちらは自動運転バスです。」  
(使用テキスト読み上げソフト VOICEVOX：春日部つむぎ)
- ・放送時間：8 秒 (7 秒+無音 1 秒)
- ・放送地点：ガードレールの無い単路部範囲の内から 9 地点を対象とした。



左図の地点(9地点)を設定

- ・ 泉が森周辺
- ・ 水木交差点周辺
- ・ 寺方周辺
- ・ 大沼小東周辺から河原子バス停 (6地点)

※大沼小東周辺からの6地点は、半径125mで繋がっているため、放送は連続となる。

図 5-15 放送地点

- ・ 放送範囲：設定地点から半径125m内

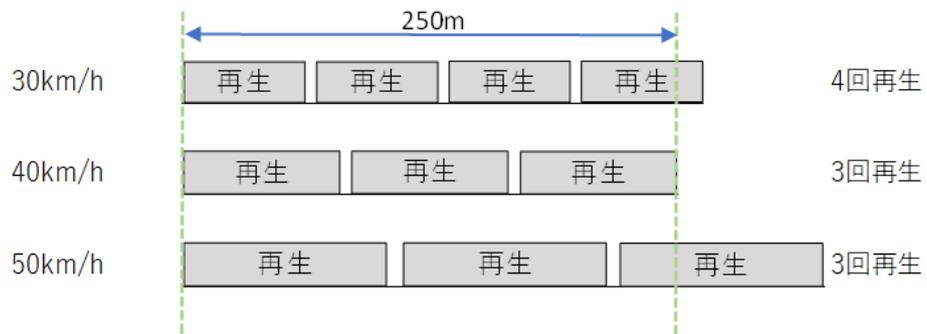




図 5-16 放送地点の実例(泉が森周辺)

(ウ) テストコース内における被験者実験による評価

被験者はそれぞれの放送を体験した後に、主観的な受容性や回避行動の傾向に関して、インタビューにて回答した。その結果、「(チャイム) 車道にご注意ください、こちらは自動運転バスです。」の放送が妥当との評価に至った。

また、予備実験の検討として、実装した車外 HMI 用スピーカの音量を 60%にした場合は、バスのエンジン音と合わせて音量は 80db 以下になり、車両に 30m 離れた被験者も放送の内容を認識できた。

以上の予備実験で検討した車外向け HMI により、歩行者への注意喚起、歩行者の安全と安心感への寄与、車道側からの退避による減速回数の減少とそれに伴うバス運行の効率向上などを見込むことができることが分かった。

なお、あくまでもこのシステムは車外放送であり、対象歩行者への強制力を持つものではない。そのため、その目的は安全性と効率の向上にとどまるものであり、完全な安全の確保にはならないものの、必須情報の交信手段としてのシステムと自動運転システムとの連動は必須であり、その構築は今後の課題とする。

(2) 遠隔システムによる安全確保に関する評価実験および評価方法の検討

1) 遠隔装置に関わる実験システム構築

(A) 目的

中型自動運転バスによる実証評価等が進められている、ひたち BRT 自動運転バスへの高度化に資する技術開発・評価をするにあたり、遠隔監視を様々な状況下で評価できるような遠隔監視評価実験システムを構築した。また、評価方法としては、遅れの評価を

可能とする評価手法を試行的に検討した。構築した評価システムにおいて、付け加えた遠隔監視者への支援機能については、今年度の実証における遠隔監視者の負担検討において、活用した。

## (B) 本年度概要

昨年度は、自動運転における遠隔監視・遠隔操作の表示、操作系などを試作・評価することができる評価装置を構築した。今年度は、通信プログラムの改修を行い、大サイズの情報を受信した場合の動作の安定化や二重起動の制御が可能なものにした。さらに、映像や通信の遅延時の影響を評価するソフトウェアの開発、ひたち BRT の遠隔監視プログラムの表示・通知の一部を担うソフトウェアの開発を行った。映像や通信の遅延時の影響を評価するソフトウェアの開発においては、USB カメラ、IP カメラの取得映像をメモリに保持し、指定時間を遅延させた映像を表示させるプログラムを作成した。さらに、昨年度構築した通信プログラムに、情報の送信を遅延させる機能、および受信した情報を遅延させて、監視ソフトなどに反映させる機能を追加した。構築した遅延制御機能は、制御情報通信ソフトを用いて、遅延の影響が評価できることを現有する小型車両において確認した。ひたち BRT の遠隔監視プログラムの表示・通知の一部を担うソフトウェアの開発においては、共有メモリ経由で自動運転バスの GNSS 情報、速度情報を取得し、制動時の安全確認、バス停の通過確認、乗降確認、次のバス停などを遠隔監視者に通知するプログラムを作成した。

## (C) 詳細報告

本研究では、自動運転バスや端末交通等の無人自動運転移動サービス運用時の遠隔監視や遠隔操作の表示等の情報提示手法、操作手法等を評価するための実験システムを構築している。本年度は、地上局を改修し昨年度洗い出された運用上の問題に対し、さらに映像や制御情報の通信に遅延が生じる場合の影響を評価できるようにした。以下の各節では、遠隔監視・操作の評価システムの概要、改修、制御情報の遅延制御機能の追加、映像の遅延表示プログラム、構築した機能・プログラムによる遅延の影響評価の可否確認実験の結果について報告する。

### a) 自動運転車の遠隔監視・操作の評価システムの概要

自動運転車の遠隔監視・遠隔操作の評価を行う場合、一人当たりの監視車両台数分の情報の提示が必要となる。また、ボタン操作、マウス操作、ハンドル操作などを行うための操作系、車両との通信も必要となる。本研究は、日立地域の中型自動運転バスを対象とした評価を想定しているが、営業運行されているシステムであるため、評価実験の制約を考えた場合、様々な無人自動運転移動サービスや自動運転の実験システムに対応できることが望ましい。

これらを踏まえ、自動運転車の遠隔監視・遠隔操作評価システムを構築した。具体的には、表示ディスプレイ 8 面、情報提示を行うための PC2 台を用いて車両からの情報を

提示する。車両の操作は、PC用に市販されている入力装置（マウス、キーボード、ステアリングコントローラー、ペダル型コントローラー、ゲームパッドなど）によって行う。通信用には、狭域の実験評価用にローカルネットワークに接続される無線アクセスポイントの他に、LTEやクラウドサーバ経由での通信のためグローバルIPを有するネットワークインタフェースやVPNサーバを使用できるようにした。これを使い、1台の運用ではあるが、現在定常運行している自動運転シャトルバスの遠隔監視が可能であることを確認している。図 5-17 にシステムの写真を示す。



**図 5-17 遠隔監視・遠隔操作評価システム**

b) 制御情報通信プログラムの改修と遅延制御機能の追加

通信情報の制御プログラムは、TCP あるいは UDP により自動運転車の状態量や制御情報を受信し、遠隔監視・遠隔操作評価システムから遠隔操作等の情報を自動運転車に送信する。また、車両側の通信プロトコルやビットアサインに柔軟に対応できるようにし、車両側に通信プログラムが用意されていない場合は、通信プログラムとしても使用可能なものとした。以下の各項では、このプログラムの改修や機能の追加について報告する。

(ア) 制御情報通信プログラムの改修

当該通信プログラムは、昨年度の開発品を使用して運用評価を行った。その結果、TCP 接続時や通信不良時に、溜まったデータをまとめて受信するような時に不安定になる現象が稀に生じることを確認し、この問題を解消するための改修を行った。

(イ) 制御情報通信プログラムへの遅延制御機能の追加

通信情報を遅延させる機能を追加し、遠隔監視や遠隔操作をする際の通信の遅延の影響を評価可能とした。通信情報の遅延は、自動運転車から遠隔監視・遠隔操作評価シス

テムへの通信の遅延と、遠隔監視・遠隔操作評価システムから自動運転車への遅延の 2 つの遅延がある。本研究では、自動運転車側の通信プログラムの改変をせずに、遅延を実現するため、遠隔監視・遠隔操作評価システム側のプログラムにおいて、送信・受信の遅延処理を行えるようにした。以下では、送信時、受信時の遅延処理について述べる。

#### ■送信の処理

送信時の処理について述べる。遅延を設定しない場合、通信プログラムは、指定された周期（例えば 100ms）でデータの送信処理を行う。遅延を設定する場合、遅延なしの場合にデータ送信処理を行うタイミングで、データを送信せず、CPU 時刻[ms]を取得し、指定した遅延時間[ms]を足して、送信予定時刻を設定する。その後、送信データ、送信予定時刻および未送信のフラグをメモリに保持する。たとえば、500ms 遅延させる設定をする場合、遅延なくデータ送信をするタイミングの CPU 時刻が 100000ms だった場合、送信予定時刻は 100500ms となる。メモリには送信予定時刻と送信データ、未送信のフラグを紐づけて保持する。このプログラムでは 1000 個まで保持できるようにしている。並列処理で、CPU 時刻と、メモリに保持された未送信のフラグを持つデータの送信予定時刻を確認し、CPU 時刻が送信予定時刻と同じ、あるいは送信予定時刻を超えた場合に、その対応する送信データの送信処理を行い、未送信のフラグを送信済のフラグに変更する。

#### ■受信の処理

受信時の処理について述べる。遅延を設定しない場合、通信プログラムは、常に受信データの到来を確認し、受信データが到来している場合、そのデータ（バイト列）を構成ファイルでの指定に基づき変換し、共有メモリに書き込みを行う。遅延を設定する場合、ネットワークインタフェースからの受信データの取得を遅延させるのではなく、受信データの取得はデータ到来時に行い、共有メモリに書き込みを行うタイミングを遅延させる。受信データの到来時に、CPU 時刻[ms]を取得し、その指定した遅延時間[ms]を足して、受信予定時刻（厳密には受信データの範囲英予定時刻）を設定する。その後、受信データ、受信予定時刻および未受信のフラグをメモリに保持する。たとえば、500ms 遅延させる設定をする場合、遅延なくデータ受信をするタイミングの CPU 時刻が 100000ms だった場合、受信予定時刻は 100500ms となる。メモリには受信予定時刻と受信データ、未受信のフラグを紐づけて保持する。このプログラムでは、送信の場合と同じく 1000 個まで保持できるようにしている。並列処理で、CPU 時刻と、メモリに保持された未受信のフラグを持つデータの受信予定時刻を確認し、CPU 時刻が受信予定時刻と同じ、あるいは受信予定時刻を超えた場合に、対応する受信データを構成ファイルでの指定に基づき変換し、共有メモリに書き込みを行う。さらに、未受信のフラグを受信済みに変更する。

#### ■動作確認

図 5-18、図 5-19 に同一 PC で送信と受信を行った場合のスクリーンショットを示す。左側の①が遠隔監視・遠隔操作評価システムの通信プログラムを想定したもの、右側の②が自動運転車側の通信プログラムを想定したものである。自動運転車側の通信プログラム(②)には手を加えず(遅延を設定しない)、遠隔監視・遠隔操作評価システムの通信プログラムのみで、両方向の遅延を制御している。ここでは、送信(①→②)に 300ms の遅延を設定し、受信(①←②)に 500ms を設定している。

図 5-18 は、①の送信データ、②の受信データを表示させたスクリーンショットである。①では、sm[0]としてプログラム起動後からの経過時間を送信している。②では、sm[910]として受信した結果を表示している。送信(①→②)の遅延は 300ms に設定している。②(受信側)の数値は、①(送信側)よりも約 300ms 前の時間を示しており、作成したプログラムで指定した遅延を与えた上でデータを送信できることを確認した。

図 5-19 は、①の受信データ、②の送信データを表示させたスクリーンショットである。②では、sm[0]としてプログラム起動後からの経過時間を送信している。①で sm[920]として受信した結果を表示している。受信(①←②)の遅延は 500ms に設定している。受信側では、受信側は送信側よりも約 500ms 前の時間を示しており、作成したプログラムで指定した遅延を与えた上でデータを受信できることを確認した。

なお、作成したプログラムは、データの送信・受信に設定した遅延を付加するものであり、遅延は伸ばすことができても、もともとの遅延(通信パケットのルーティングに要する時間など)を短縮させることはできない。通信にもともと 50ms の遅延があるような場合は、500ms の遅延を設定すると、550ms の遅延となる。

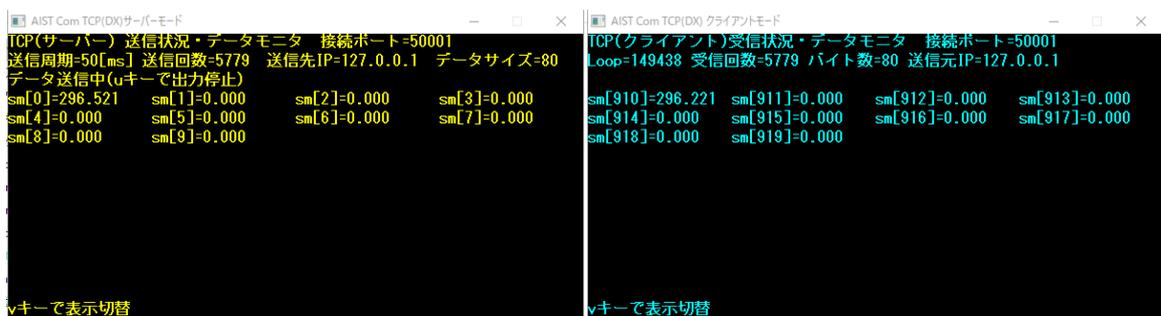


図 5-18 通信遅延機能の評価の様子 1

(左：遠隔監視・遠隔操作評価システムの送信状況、右：車両の受信状況)

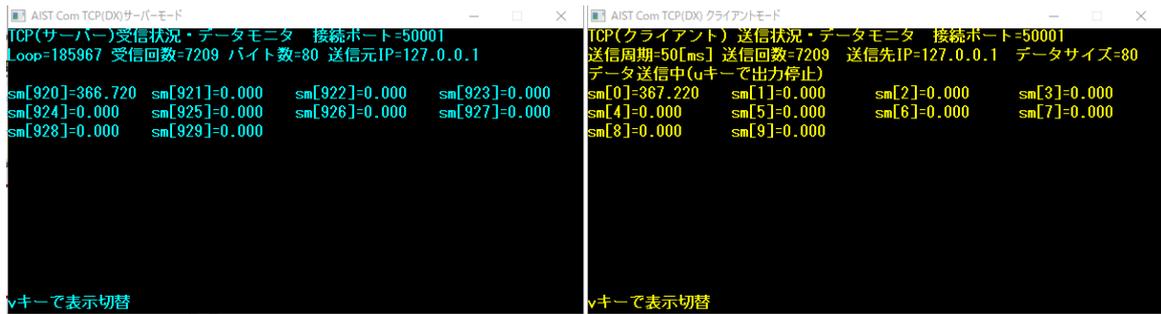


図 5-19 通信遅延機能の評価の様子 2

(左：遠隔監視・遠隔操作評価システムの受信状況、右：車両の送信状況)

### ■通信設定の構成ファイル

以下に、改修と機能の追加を行った通信プログラムの構成ファイルの例を示す。

---構成ファイルの例---

IPADDRESS=127.0.0.1;//相手先の IP アドレス、TCP サーバモードでは何を入れても良い

SPORT=50451;//送信ポート (TCP の場合は、RPORT にも同じ値を入れる)

RPORT=50451;//受信ポート (TCP の場合は、SPORT にも同じ値を入れる)

PERIOD=100;//送信周期(ms)

SENDOMODE=1;//送信モード、(スタート時に) 情報を送信しない場合は 0、

SERVER=1;//TCP のモードでサーバの場合は 1、クライアントの場合は 0

TCPMODE=1;//TCP の場合 1、UDP の場合 0

CHKSUM=1;//チェックサムを使う場合 1、使わない場合 0 チェックサムは、送信データの各バイトの和を 0xFF でマスクしたものをチェックサムとして付加。受信側でもこれを確認し、チェックサムが OK の場合は受信処理がされる。

DXMODE=0;// 1 でデータサイズをパケットに付加して確認処理を行う。0 の場合確認処理をしない。

RECEIVE\_DELAY=500;//受信時の遅延時間[ms]を設定する。0 の場合は、遅延ゼロで遅延処理のためのメモリの確保も行わない。

SEND\_DELAY=300;//送信時の遅延時間[ms]を設定する。0 の場合は、遅延ゼロで遅延処理のためのメモリの確保も行わない。

SM\_FOR\_TIME=0;//遅延時間評価などの用途で、共有メモリ sm[0~999]にプログラムの起動からの経過時間を入れる。例えば 0 の場合は、sm[0]、100 の場合は sm[100]に経過時間が入る。共有メモリの経過時間を入れない場合は-1 を指定する。

---以上構成ファイルの例---

#### c) 映像の遅延表示プログラムの作成

昨年度に構築した遠隔監視・遠隔操作評価システムの通信プログラムでは、IP カメラの映像をブラウザで表示していた。ブラウザの表示では、遅延させて表示することがで

きないため、プログラムにより表示させる。ひたち BRT の R4 年度現地実証実験にて使用している AXIS 社製 IP カメラでは、プログラムから直接アクセスすることでも、映像データを取得できる。よって、取得した映像を遅延させて表示するプログラムを作成した。

#### (ア) フレーム遅延式

簡易に映像を遅延させる手法として、カメラからフレームを取得したタイミングで、過去に取得したフレームを表示するプログラムを作成した。具体的には、カメラからフレームを取得し、その取得は N 番目のフレームとする。フレームのイメージデータを保持  $I[N]$  に保持し、フレームを取得したタイミングで、 $I[N-M]$  を表示する。これにより、20fps の映像であれば、1 フレーム 50ms として、 $M=10$  の場合 500ms 遅延させた表示と同様となる。なお、イメージデータを保持するメモリは有限であるため、プログラムでは、N の最大値（作成したプログラムでは 100）を指定しその範囲で循環させることになる。図に、映像を 60fps で取得し、取得した映像と 30 フレーム遅延させた映像を同時に表示させた場合のスクリーンショットを示す。この評価では、PC のスクリーンにストップウォッチのプログラムを表示し、そのプログラムをカメラで撮影している。さらに同じスクリーンに取得画像と遅延画像を表示させ、左からストップウォッチプログラムの表示、カメラの取得画像、遅延画像を並べて、スクリーンショットを撮ったものである。フレーム周期は、16.67ms なので、30 フレームの遅延の場合は、500ms の遅延となる。画像に表示されている取得画像と遅延画像の時刻の差は 0.5 秒なので、指定通りの遅延で表示することができていることが分かる。なお、取得画像についても、ストップウォッチの画像に対して 0.06 秒遅延していることを確認した。

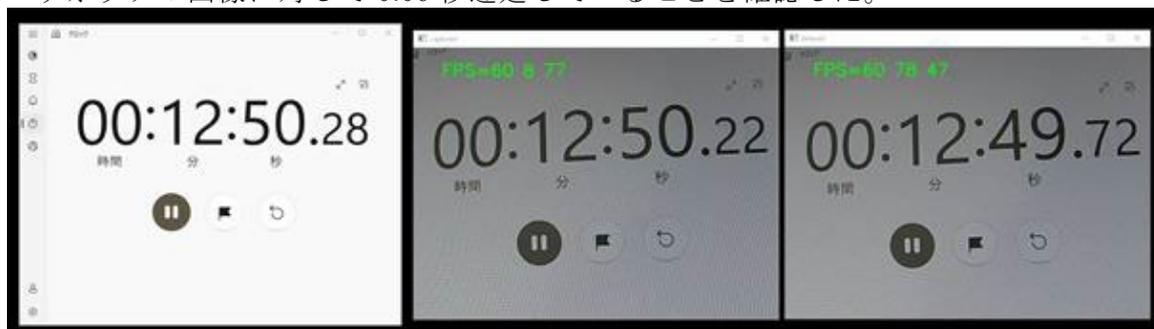


図 5-20 映像の遅延表示の評価の様子（フレーム遅延方式）

#### (イ) 時間遅延方式

第(ア)節で述べたフレーム遅延式では、カメラのフレームレートが一定かつ既知である必要がある。より柔軟な評価を実現するため、指定した時間分の遅延表示をするための改修を行った。カメラからのフレームの取得を待ち受け、フレームの取得時に、CPU 時刻[ms]を取得し、その指定した遅延時間[ms]を足して、表示予定時刻を設定する。その後、そのフレームのイメージデータ、表示予定時刻および未表示のフラグをメモリに保持する。たとえば、500ms 遅延させる設定をする場合、遅延なくデータ受信をするタイ

ミングの CPU 時刻が 100000ms だった場合、表示予定時刻は 100500ms となる。メモリには受信予定時刻とイメージデータ、未表示のフラグを紐づけて保持する。イメージデータは、大きいこと（1画素を RGB の 3ch 24bit で表現する場合 1920×1080 で 1枚 6M バイト程度）に留意し、作成したプログラムでは、送信の場合と同じく 100 個まで保持できるようにしている。並列処理で、CPU 時刻と、メモリに保持された未表示のフラグを持つデータの表示予定時刻を確認し、CPU 時刻が受信予定時刻と同じ、あるいは表示予定時刻を超えた場合に、対応するイメージデータを表示する。図 5-21 に、取得したカメラ映像と 500ms 遅延させた映像を同時に表示させた場合のスクリーンショットを示す。第(ア)節同様に、ストップウォッチのプログラムを表示・撮影し、ストップウォッチのプログラムの表示と取得画像、遅延画像を並べスクリーンショットを撮ったものである。画像に表示されている時刻の差は 0.5 秒なので、指定通りの遅延で表示することができることが分かる。

作成したプログラムは、遅延を付加するものであり、遅延は伸ばすことができても、もともとの遅延（通信パケットのルーティングに要する時間や映像の圧縮・展開などに要する時間）を短縮させることはできない。IP カメラの表示にもともと 200ms の遅延があるような場合は、500ms の遅延を設定すると、700ms の遅延となる。

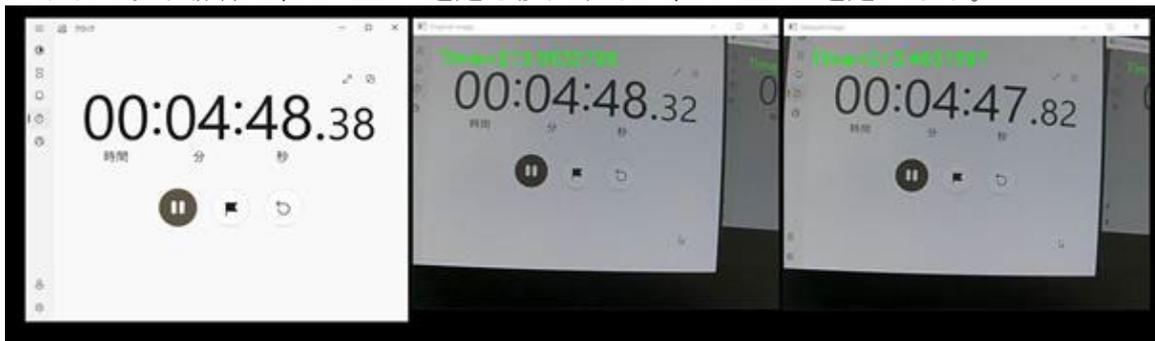


図 5-21 映像の遅延表示の評価の様子（時間遅延方式）

#### (ウ) 映像遅延プログラムの設定について

作成した映像遅延プログラムは、ひたち BRT の R4 年度現地実証実験にて使用している AXIS 社製 IP カメラに加え、USB カメラを表示することが可能である。AXIS 社製 IP カメラの表示においては、解像度、フレームレート、品質を指定できる。動作を確認したところ、デコーダ処理の関係で H264 の映像は遅延が大きいため、Motion Jpeg の使用が望ましい。USB カメラにおいては、フレームレートなどがある範囲で指定できることを確認した。但し、指定できる範囲は、カメラによって異なる。なお、ひたち BRT の R4 年度現地実証実験にて使用している AXIS 社製 IP カメラの場合は、Wi-Fi の直接通信でも 200ms の程度の遅延がある。また、USB カメラでは 60ms 程度の遅延があることを確認した。

#### (エ) 構築したプログラムによる遠隔操作における遅延の影響の評価の可否確認

この節では、第 b)節、第 c)節で報告した情報の送信を遅延させる機能、および受信した情報を遅延する機能を有したソフトを用いて遠隔操作における遅延の影響評価について報告する。本検討では、まずはタスクの決まっていない監視ではなく、遅延を実際に実現できているかの効果のため、遠隔操作での評価を行った。具体的には、構築した遅延制御機能を有する映像通信、制御情報通信ソフトを用いて遅延の評価ができることを、現有機材の小型電動車両を用いて確認した。以下の各項では、遅延の影響の評価のための実験準備と遅延の影響の評価の可否確認について報告する。

#### (オ) 実験の方法

遠隔監視・遠隔操作において構築したプログラムによる遠隔操作における遅延の影響評価の可否確認を行うために確認実験を行った。現有機材である小型電動車両を遠隔操作し軌跡を評価することで遠隔操作における遅延の影響評価の可否について評価を行った。

この車両は操舵、駆動、制動が電気信号で制御できるため、第 b)節で述べた通信プログラムにより、ゲームパッドの入力値を送信し、遠隔操作を可能にした。また、走行環境の映像を送信するため、ひたち BRT の R4 年度現地実証実験にて使用している AXIS 社製 IP カメラを車体に取り付けた。遠隔操作を行う PC の画面には、第 c)節で述べた映像表示プログラム（時間遅延方式）により運転席付近の映像を設定した遅延を与えて表示できるようにした。走行軌跡の評価には、RTK-GNSS を用いた。

走行のシナリオとして、区間 1、区間 2 を設定した。いずれも車体の中心が白線上を走行するように遠隔操作を行う。区間 1 においては、白線が走行開始後、左側に折れ曲がる。ここでは遠隔操作において白線上を追従して車両を走行させることができるかを確認した。次に、区間 2 では、障害物の回避と車線への復帰を評価するために、白線上および白線の左側 1.0m 位置に三角コーンを障害物として設置し、左側に回避して車線に復帰するシナリオとした。この区間では、走路上の障害物を回避して元の白線上に戻れるかを評価した。実験時の走行経路を図 5-22 に示す。

この 2 つの走行経路を遠隔操作により小型電動車両を遠隔操作し走行させ、プログラムによって映像の遅延と指令情報の遅延を発生させた場合に、走行時どのような軌跡をとるかによって遅延の有無による影響の評価の可否を確認する。映像遅延および指令値遅延時間はそれぞれ 500ms と 1000ms とする。また、遠隔操作において通信による違いを評価するために Wi-Fi と LTE それぞれの通信方式を用いて遅延機能を有する遠隔操作プログラムで遠隔操作を評価した。

ゲームパッドの操作においては、アナログスティックの左右により、操舵を行い、トリガー型のボタンにより、速度を調整する。速度は安全のため最大 5km/h としている。実験評価の前に、遠隔操作者に対して習熟運転のために約 300m の周回コースを一周走行させたしてもらい、習熟操作の習熟を図った。



図 5-22 実験に用いた場所の航空写真 (Google Earth より)

(カ) 遠隔操作における遅延の影響の評価 (Wi-Fi 利用時)

通信に Wi-Fi を利用した場合における遠隔操作時の遅延時間の違いによる影響結果について述べる。図 5-23 に映像に遅延を与えた場合の走行軌跡、図 5-24 には指令値の送信に遅延を与えた場合の走行軌跡、図 5-25 に、映像および指令値の両方に遅延を与えた場合の走行軌跡を示す。

遠隔操作時に遅延が発生しない場合と映像遅延および指令遅延およびその両方を発生させた場合、遅延時間が大きくなるほど走行軌跡が大きく異なっていることがわかる。区間 1 においては、顕著に走行軌跡の違いは見られなかったが、区間 2 における走行では、障害物を回避し元の走行経路に戻ろうとしたときに大きな違いがみられた。

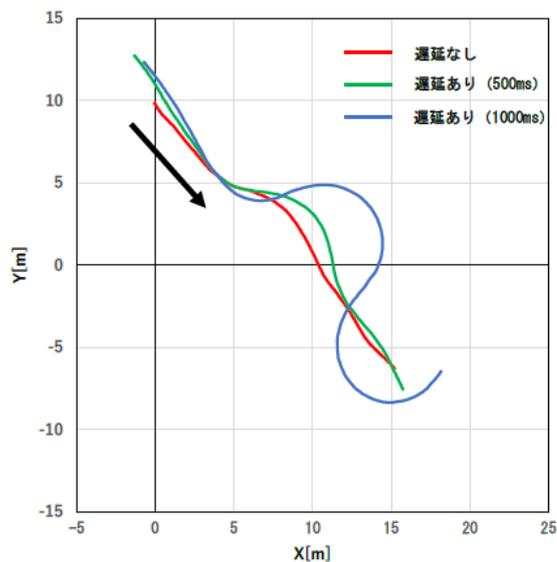


図 5-23 映像に遅延を与えた場合の走行軌跡

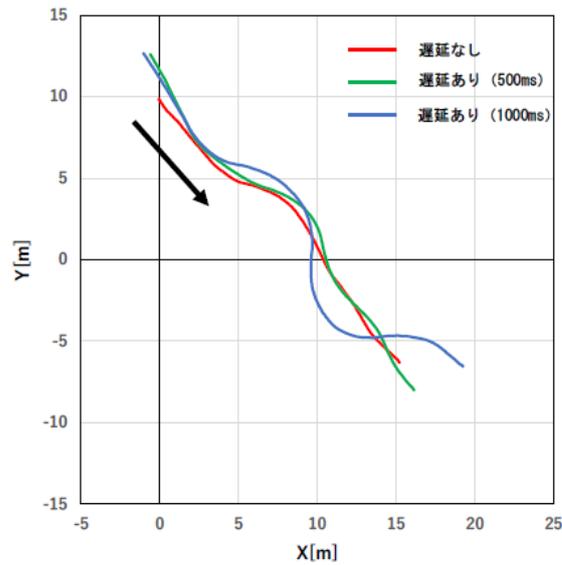


図 5-24 指令値の送信に遅延を与えた場合の走行軌跡

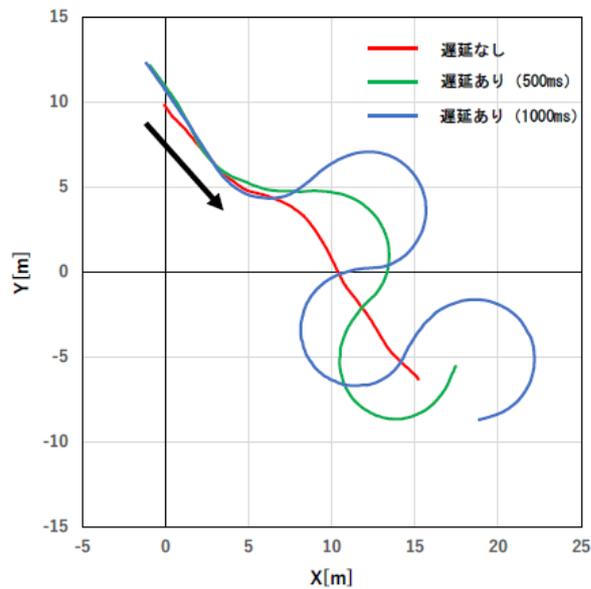


図 5-25 映像および指令値の送信の両方に遅延を与えた場合の軌跡

(キ) 遠隔操作における遅延の影響の評価 (LTE 利用時)

LTE 通信方式を利用した際に構築した遠隔操作プログラムによる、遠隔操作時の遅延時間の違いによる影響結果について述べる。図 5-26 には、映像遅延時間の違いを評価した走行軌跡、図 5-27 には、指令遅延時間の違いを評価した軌跡、図 5-28 には、映像遅延時間および指令遅延時間の両方を発生させた場合の走行軌跡を示す。

遠隔操作時に遅延が発生しない場合と映像遅延および指令遅延およびその両方を発生させた場合、Wi-Fi 通信を利用した場合と同様に、遅延時間が大きくなるほど走行軌跡が大きく異なっていることがわかる。区間 1 においては、顕著に走行軌跡の違いは見られなかったが、区間 2 における走行では、障害物を回避し元の走行経路に戻ろうとした

ときに大きな違いがみられた。また、映像遅延と指令遅延を両方発生させた時に 1000ms の遅延を与えた際には、区間 2 において実験環境内の障害物と衝突する危険性があったため、停止させた。

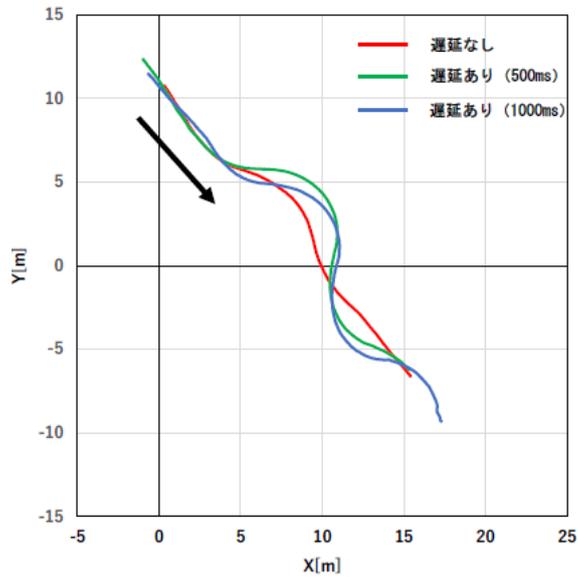


図 5-26 映像に遅延を与えた場合の走行軌跡

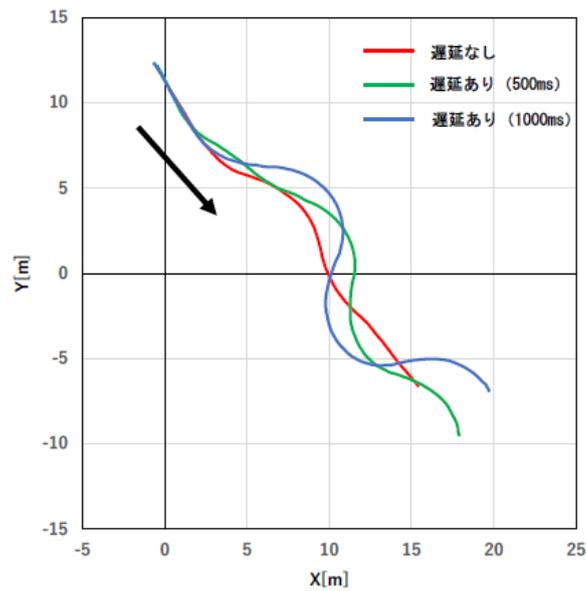


図 5-27 映像および指令値の送信の両方に遅延を与えた場合の軌跡

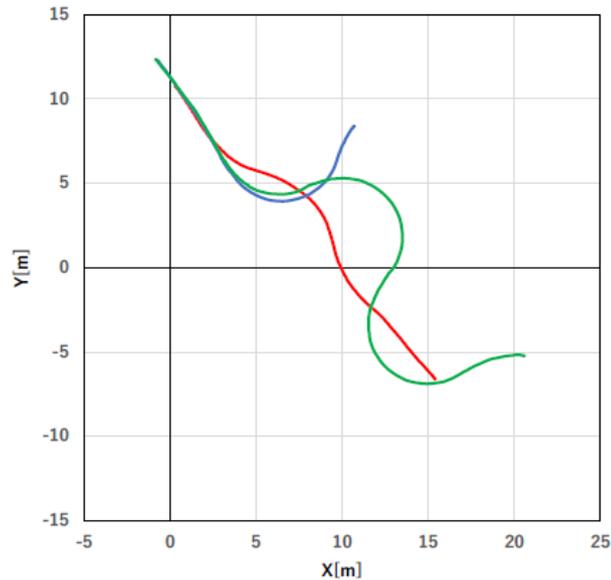


図 5-28 指令遅延と映像遅延の両方を発生させた場合の軌跡

(D) まとめ

第(C) b)節、第 c)節で報告した指令値や状態量などの制御の通信を遅延させる機能、および映像を遅延させる機能を使い、実際に遠隔操作を行って軌跡を評価することで、遅延量によって走行軌跡に大きな違いが生じることを確認した。すなわち、本評価実験で構築したソフトウェアにより、遅延が遠隔操作に与える影響を評価できることを確認した。

本評価においては、運転席の映像のみを用いている、小型電動車両を用いている、操作装置にゲームパッドを用いている等、実際に想定される自動運転車の環境とは異なる条件ではあるが、自動運転車を遠隔操作する環境においても、本評価と同様に遠隔操作に違いが生じ、評価が可能であると考えられる。加えて、遠隔操作だけでなく、遠隔監視における遅れの再現も可能である。今後は、遠隔監視において、本システムで構築した遅延の影響を評価できるようなシナリオも考えていきたい。

また、構築したシステムを用いて、実際のひたち BRT の R4 年度現地実証実験において、通常時における遠隔監視システムとして稼働し、交通事業者の方の実験用の遠隔監視システムとして提供した。また、実際の運行している監視映像を用いた上、構築した遠隔監視者への支援システムを活用しつつ、実際の遠隔監視における疲労感や負担感の検討を行うことができた。(図 5-29)



図 5-29 ひたち BRT の R4 年度現地実証実験時の画面（プライバシーのため画像加工あり）

乗務員有の場合においては遠隔監視システムにおいて多くの機能は必要でないと考えられるが、将来的な無人等を見据えた検討を行うための遠隔監視システムとして活用するとともに、色々な実場面を用いた検討や実環境データを用いて、できる限り現実に近い状況での被験者実験を行うことが課題である。

## 第6章 走行環境整備の検討

### 6.1. 走行環境整備の検討概要

#### 6.1.1. 検討の目的

自動運転移動サービスの社会実装に向け、モデル地域である日立地域（ひたち BRT）では、2023 年度レベル 3 以上の社会実装に向けて現地実証実験を実施し、技術検証等を実施予定である。

本章での検討では、現地の状況や過年度実証実験の結果等の前提条件を整理すると共に、合同現地調査及びひたち BRT 実証実験の実態を向けて想定される問題・課題の抽出を行い、日立地域（ひたち BRT）専用道区間での走行環境整備の検討として、次年度に向けた走行環境整備の考え方と今後の対応の方向性等を検討することを目的として実施した。

#### 6.1.2. 検討の内容

##### (1) 走行環境整備の検討の概要

日立地域（ひたち BRT）専用道区間での走行環境整備に向けての検討目的・検討内容検討フローを整理した。

##### (2) 検討前提条件の整理

今年度現地実証実験の概要や、ひたち BRT バスの概要のほか、過年度実証実験の結果等から、本検討の前提条件を整理する。

##### (3) ひたち BRT 実証実験

ひたち BRT 実証実験の実施に先立ち、現地合同調査を実施するとともに、ひたち BRT 実証実験で得られた所要時間等の調査結果を集計・整理する。

なお、現地合同調査の実施にあたり、走行環境整備に関連する事項の計画書を作成した。

##### (4) 走行環境整備の検討

走行環境整備の基本的な考え方を整理した上で、次年度以降でのひたち BRT 専用道区間での自動運転レベル 4 に向けた走行環境整備の問題・課題を検討した。

### 6.1.3. 検討フロー

本検討の検討フローを以下に示す。

#### (1) 走行環境整備の検討概要

- 検討の目的
- 検討の内容
- 検討フロー

#### (2) 前提条件の整理

- ひたち BRT バスの概要
- 現状における走行環境の把握
- 手動介入結果（過年度実証実験）
- BRT 信号の概要

#### (3) ひたち BRT 実証実験

- ひたち BRT 実証実験の概要
- 運行事業者ヒアリング調査
- 現地合同調査
- 所要時間調査結果

#### (4) 走行環境整備の検討

- 走行環境整備の考え方
- 走行環境整備の問題・課題

図 6-1 検討フロー

## 6.2. 検討前提条件の整理

### 6.2.1. ひたち BRT バスの概要

#### (1) 運行ルート

ひたち BRT は、多賀駅前～おさかなセンターまでの 22 停留所の運行を基本とし、一部路線においては、臨海工場前や大甕工場前、サンピア日立を經由する運行となっている。

なお、運行ルートのうち、河原子（BRT）～南部図書館の間約 6.1km は専用道区間を走行している。



図 6-2 ひたち BRT バスの概要

(2) 運行本数

「おさかなセンター→多賀駅」方面（北向き）、「多賀駅→おさかなセンター」方面（南向き）のいずれの方向も、1日30～40便程度運行されており、おさかなセンター→多賀駅方面は朝の運行本数が、多賀駅→おさかなセンターは夕方の運行本数が多くなっている。

表 6-1 運行本数（おさかなセンター→多賀駅）

系統		運行本数	運行間隔			
			7～8時台	9～16時台	17～18時台	平均
おさかなセンター→多賀駅	平日	28	21分	36分	57分	31分
	休日	30	30分	30分	30分	30分
おさかなセンター→大甕駅西口	平日	5※1	—	—	—	—
大甕駅西口→多賀駅	平日	24	20分	43分	36分	33分
大甕工場→多賀駅	平日	13※2	—	—	15分	23分

※1 7時台1便、17～21時台4便の運行。17～21時台は概ね1便/時間 ※2 17時台～22時台のみ運行

表 6-2 運行本数（おさかなセンター→多賀駅）

系統		運行本数	運行間隔			
			7～8時台	9～16時台	17～18時台	平均
多賀駅→おさかなセンター	平日	34	40分	39分	23分	29分
	休日	32	30分	30分	30分	30分
多賀駅→大甕駅西口	平日	27	90分※4	36分	28分	34分
多賀駅→大甕工場	平日	10※3	6分	—	—	6分
大甕駅西口→おさかなセンター	平日	4※3	13分	—	—	13分

※3 7～8時台のみ運行 ※4 7～8時台の運行は2便のみ

## 6.2.2. 現状における走行環境の整理

BRT 専用道における現状の走行環境について、ゲートや BRT 信号等の構造物、防護柵やガードレール等の安全施設、歩道や待避所の有無等の観点から整理を行った。

以降に、整理結果を示す。



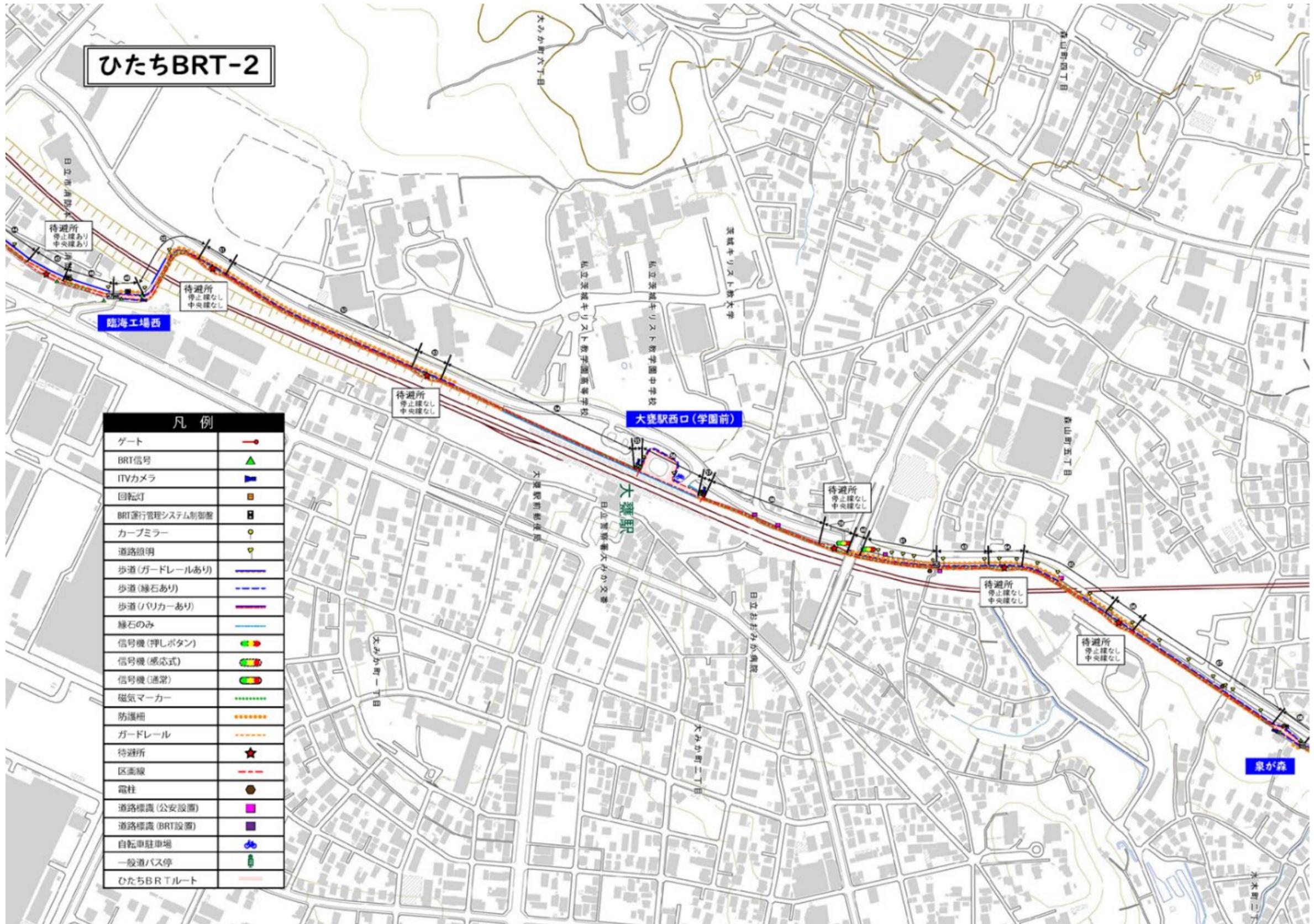


図 6-4 現状の走行環境整理結果 (2 / 4)

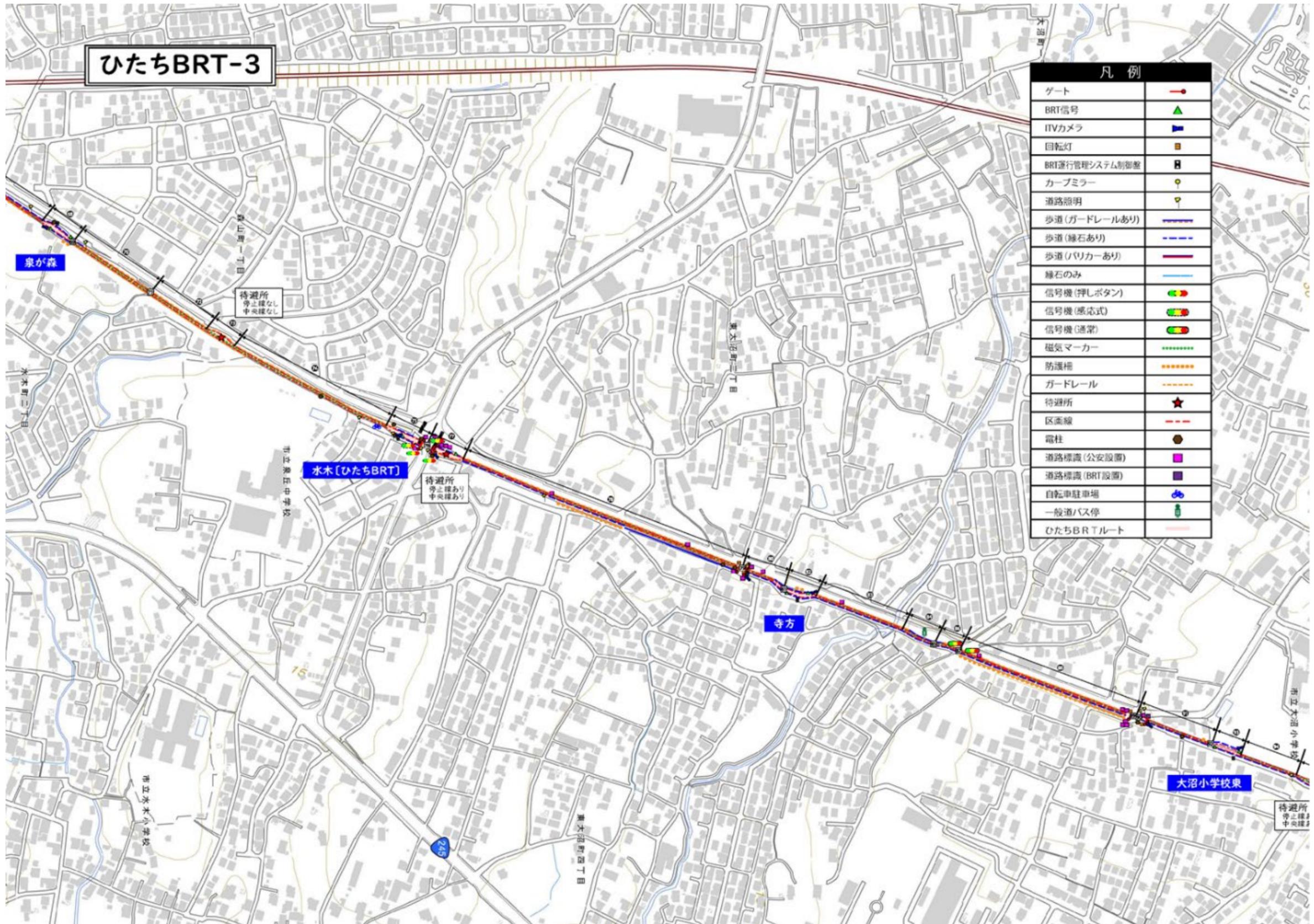


図 6-5 現状の走行環境整理結果 (3 / 4)

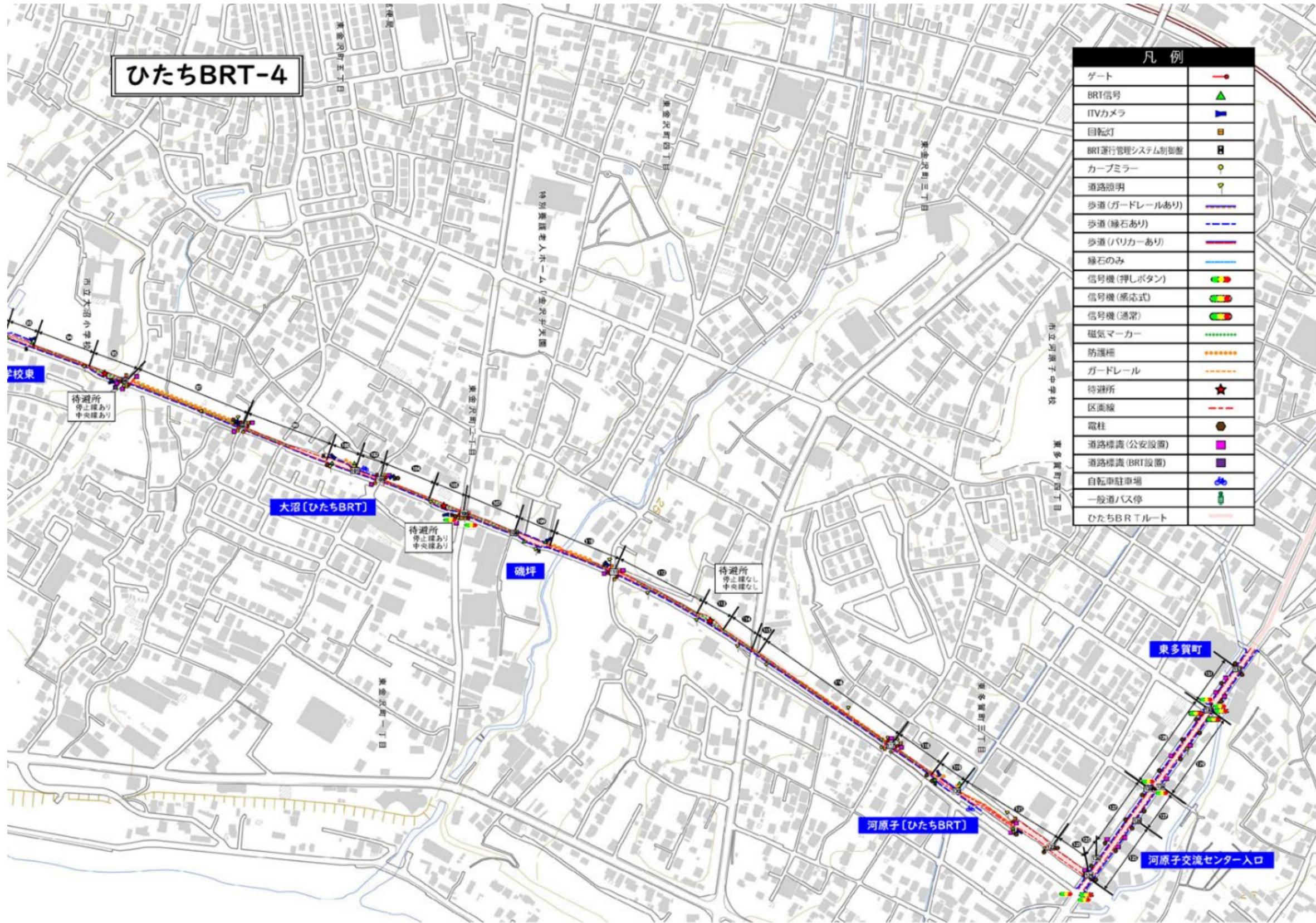


図 6-6 現状の走行環境整理結果 (4 / 4)

### 6.2.3. 手動介入結果（過年度実証時）

過年度実証時における手動介入の発生状況について、バス停や単路部、交差部の道路形状別に手動介入の内容について整理を行った。

専用道区間のうち、手動介入の発生状況や手動介入の内容等から、走行環境整備を行う上で「車両側で対応が必要な箇所」を懸念箇所として9箇所抽出するとともに、事業者目線での懸念箇所と合わせて整理した。

なお、過年度実証においては、磁気マーカ敷設位置に対する車両走行軌跡の精度検証等を実施しており、詳細については別章を参照のこと。

以降に整理結果を示す。



#### 6.2.4. BRT 信号の概要

ひたち BRT では、単線運行の旧日立電鉄の廃線敷を BRT 専用道としており、停留所等にすれ違い箇所を設置しているほか、対向車の目視確認が困難な場所では、信号等による運転士への案内により、鉢合わせ防止の対応を実施している。

現状、一部箇所において、パトランプ点灯のタイミングにバラつきが生じる等の事象が発生しているが、機器の調整等による解決が妥当であると考えられるため、別章にて別途検討することとする。

### 運行管理システム

#### 1 主な機能

- ・ 一般車両の誤進入を防止するため、指定車両を判別し、**バーストゲートを自動開閉**
- ・ 停留所にいる利用者に対し、車両が接近していることを**音声及び表示パネルで案内**
- ・ 運転手に対し、目視困難箇所に対向車の存在を**信号機等で案内**

#### 2 特徴

- ・ RFIDタグ(車載通信タグ)や有線LANの活用により、**通信費や整備費が縮減**
- ・ 運転手の追加操作がなく、**運行時の安全性が確保**
- ・ 太陽光発電を利用した施設により、**環境負荷が低減**



出典：道路空間を活用した地域公共交通（BRT）等の導入に関するガイドライン（R4.9 | 国土交通省）

図 6-8 ひたち BRT での運行管理

### 6.3. ひたち BRT 実証実験

#### 6.3.1. ひたち BRT 実証実験の概要

ひたち BRT における自動運転バスの社会実装に向けた自動運転制御手法の開発（車両・遠隔・インフラ等）・検証及びサービス面の検証を行うこと等を目的に、2022年12月16日～2023年2月28日までの約2か月半、年末年始を除いて実施された。

走行ルートは、ひたち BRT「多賀駅～おさかなセンター区間」であり、このうち河原子 BRT～南部図書館までの専用道区間約 6.1km を自動運行レベル 2 で走行し、専用道区間内はすべてのバス停で停車、一般道のバス停は通過、一般客の運送はなしとした。

なお、今年度社会実験では、バーストップへの垂れ幕設置によるセンサー認証精度やインフラ連携（信号連携、物標情報取得）による交差道路の安全対策に関する検証を実施しているが、詳細は別章を参照のこと。

以下に社会実験の概要を示す。

表 6-3 社会実験の概要

目的	ひたち BRT における自動運転バスの社会実装に向けた自動運転制御手法の開発(車両・遠隔・インフラ等)・検証及びサービス面の検証等
実験期間	2022年12月16日(金)～2023年2月28日(火) (年末年始(12/29～1/4)は除く)
実験走行ルート	多賀駅～おさかなセンターの区間のうち、河原子 BRT～南部図書館の区間を自動運転レベル 2 で走行(約 6.1km の専用道空間)
走行車両	<ul style="list-style-type: none"><li>・エルガミオ(いすゞ自動車)の改造車両</li><li>・自動運転レベル 2 での走行(乗務員あり)</li><li>・ナンバープレートは白色(一般営業での運行ではない)</li></ul>
運行ダイヤ等	<ul style="list-style-type: none"><li>・8便(4往復)を平日昼間の現行バス運行ダイヤの合間に走行(※年末年始(12/29～1/4)は除く)</li><li>・一般客の運送はなし(モニター乗車は別途検討中)</li><li>・専用道:全バス停で停車 一般道:バス停は通過 (多賀駅及びおさかなセンターでは待機のため停車)</li></ul>
評価項目(概要)	<ul style="list-style-type: none"><li>・車両走行に関する検証</li><li>・走行時安全性に関する検証</li><li>・サービス面に関する検証 等</li></ul>

### 6.3.2. 運行事業者へのヒアリング

運行事業者へのヒアリングを実施し、運行事業者の観点から安全上の懸念がある箇所等を把握した。

運行事業者へのヒアリング結果は下表の通りである。

表 6-4 運行事業者へのヒアリング結果

交差点名	ヒアリング内容
河原子 (南側交差点)	<ul style="list-style-type: none"> <li>片側のみ一時停止になっており、市に要望は出している</li> <li>交通量は少ない</li> </ul>
磯坪 (南側交差点)	<ul style="list-style-type: none"> <li>一昨年度も路側センサーを設置して車両検知を行っていた箇所であり、一般車両との接触事故も発生したため安全面に懸念がある</li> </ul>
大沼小学校東 (バス停)	<ul style="list-style-type: none"> <li>通学時の歩行者が多いほか、小学校方面から歩行者が飛び出す場合、南側からの視認性が悪い。</li> <li>ただし通学時は地区の見守り人の方々が安全確認をしている</li> </ul>
大沼小学校東 (南側交差点)	<ul style="list-style-type: none"> <li>南進時に平行する一般道の北側から接近して左折する車両が視認しづらい</li> </ul>
寺方 (北側単路部)	<ul style="list-style-type: none"> <li>BRT と横断歩道間のスペースに歩行者がいる場合があるため、安全性に懸念がある</li> <li>通常時は BRT が停車して歩行者を通過させる</li> </ul>
寺方 (バス停)	<ul style="list-style-type: none"> <li>北側のガードレール部は、北進時、ガードレールに接触するケースがある</li> </ul>
寺方 (南側交差点)	<ul style="list-style-type: none"> <li>通学時は歩行者が多く危険と感じている</li> </ul>
水木 (北側交差点)	<ul style="list-style-type: none"> <li>通学時は歩行者が多く危険と感じている</li> </ul>
大みか駅西口 (北側単路部)	<ul style="list-style-type: none"> <li>緑の横断帯箇所は、海側の法面に雑草が生えており、歩行者が近づいてこない見えづらく、視認性に懸念がある</li> <li>通勤通学時や日中も歩行者が一定程度存在し、地域の色弱の方がいて、毎日 BRT 沿いを散歩しており、この箇所を通る</li> </ul>
日立商業高校 (南側単路部)	<ul style="list-style-type: none"> <li>緑の横断帯箇所は、北進方向で右カーブになっており、海側からの歩行者の視認性が悪い</li> </ul>
南部図書館 (北側交差点)	<ul style="list-style-type: none"> <li>磯坪と比較して交通量が少なく、一般車両も速度を落としており、危険性は少ない</li> <li>図書館側からは見通しがきき、危険事象は少ないが、専用道から図書館方向に走行する際はカーブしているため注意している</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>BRT 信号が青・青の可能性は車両が接近するタイミングによってまれにあるかもしれない</li> <li>運行管理システムは日立市と日立製作所の管理であり、コイルと信号の場所により切り替える</li> <li>水木停留所では、南進バスが停留所で停止していて、北進バスがバス停に近づいてくる場合、南進方向の BRT 信号が青になっている場合もある</li> </ul>

### 6.3.3. 現地合同調査

#### (1) 調査目的

ひたち BRT 専用道区間（南部図書館～河原子）の交差点及び緑の横断帯における、朝・夕のピーク時での交通状況（車両及び歩行者等）を把握することを目的に、ビデオ撮影調査を実施した。

#### (2) 調査日時

以下の日時において、ビデオ撮影調査を実施した。

調査日：令和 4 年 11 月 15 日（火）～11 月 16 日（水）

時間帯：朝ピーク（7：00～9:00）、夕ピーク（16:00～18：00）

#### (3) 調査箇所

前提条件の整理結果や運行事業者へのヒアリング結果を踏まえて、下表の通り調査箇所を設定した。

表 6-5 調査箇所・調査時間一覧表

調査箇所		11 月 15 日(火)	11 月 16 日(水)	備考
調査箇所	① 磯坪南側交差点	○		3 台設置
	② 大沼小学校東北側交差点	○		1 台設置
	③ 大沼小学校東バス停	○		1 台設置
	④ 大沼小学校東南側交差点	○		2 台設置
	⑤ 寺方北側単路部		○	2 台設置
	⑥ 寺方南側交差点		○	2 台設置
	⑦ 水木北側交差点		○	2 台設置
	⑧ 南部図書館交差点		○	2 台設置
調査時間		朝・夕ピーク時 (4 時間調査) 7:00～9:00、 16:00～18:00	朝・夕ピーク時 (4 時間調査) 7:00～9:00、 16:00～18:00	各箇所ビデオカメラを三脚に設置し撮影する。

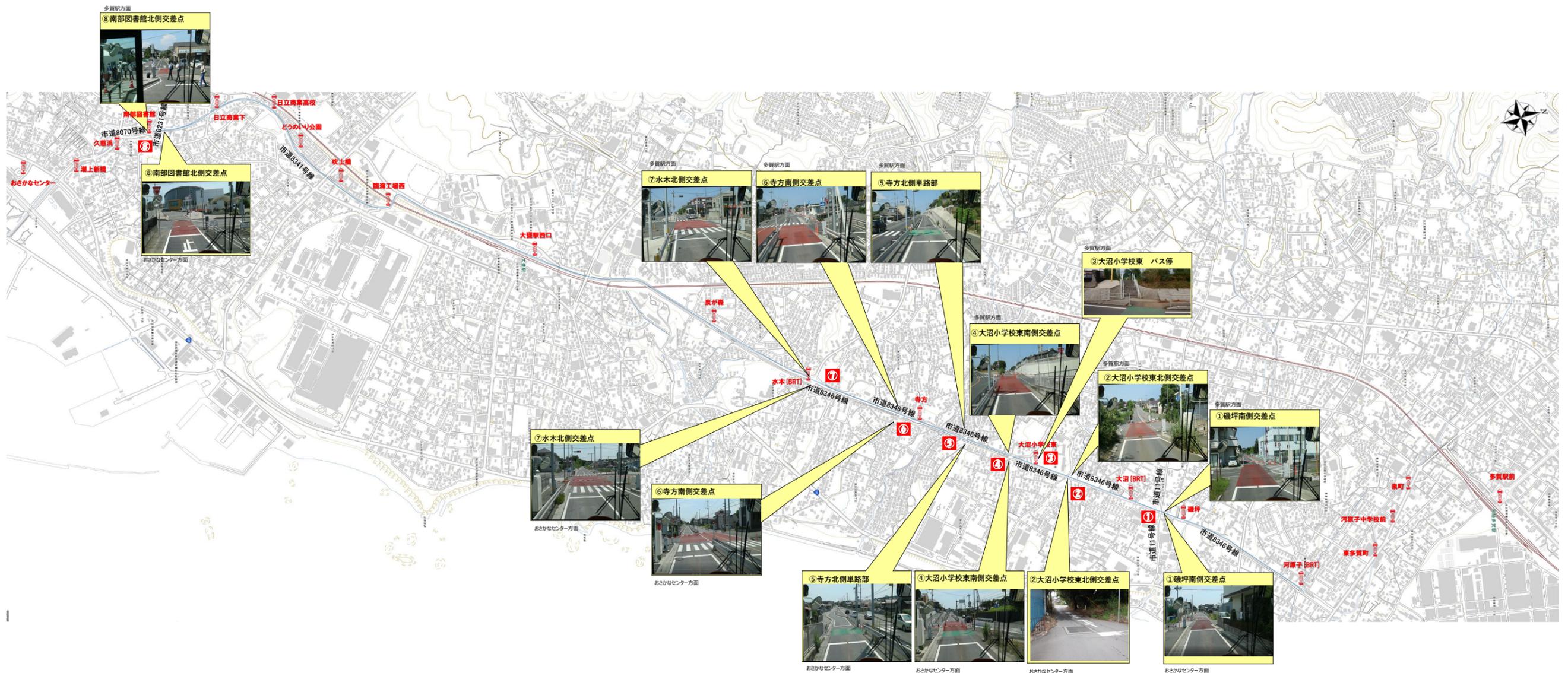
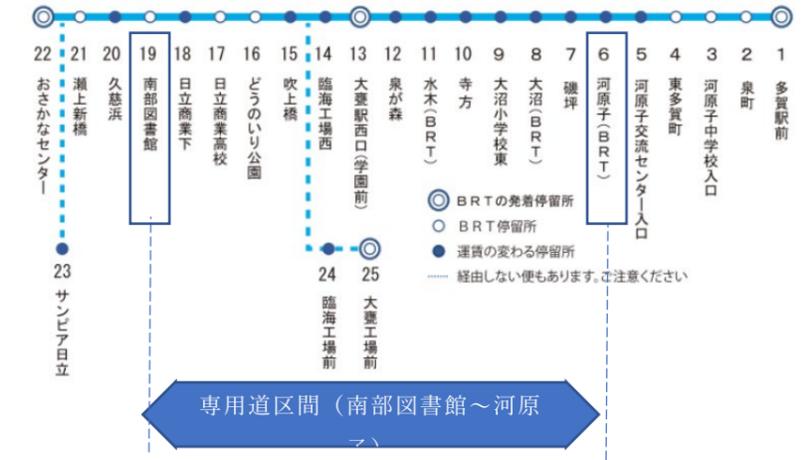


図 6-9 ひたち BRT 専用道区間と現地合同調査地点

(4) 調査結果の整理

現地合同調査にて撮影したビデオ動画から、交差車両や歩行者の動向等、走行環境整備に関連し得る特筆事象を地点別に整理した。

## ひたちBRT事前合同現地調査抽出事象

【調査日】（ピーク時）  
令和4年11月15日（火）～11月16日（水）

① 磯坪南側交差点	P1～P4
② 大沼小学校東北側交差点	P5～P10
③ 大沼小学校東バス停	P11～P16
④ 大沼小学校東南側交差点	P17～P22
⑤ 寺方北側単路部	P23～P24
⑥ 寺方南側交差点	P25～P31
⑦ 水木北側交差点	P32～P34
⑧ 南部図書館交差点	P35～P37

### ① 磯坪南側交差点 朝ピーク

1

#### ●交通状況

▶朝ピーク時では交差点(BRT走行路)を塞ぐ様な交差側車両の滞留が発生  
→BRTバスが駐停車する車両間をすり抜ける際には、海側からの車両等の状況不明  
(安全な走行環境の確保が課題:インフラ連携等の必要性)



「地点1\_20221115\_朝\_磯坪南側交差点C(東→西)\_3.MTS」12分34秒付近

## ① 磯坪南側交差点 朝ピーク

2

### ●交通状況

- 交差道路を高いスピード(40km/h以上)で通過する車両が有る  
(バスが待機し、警告ランプが点灯・バーゲート開いている状況もある)



地点1.20221115 朝 磯坪南側交差点B(西→東)6 .MTSJ 21秒付近



地点1.20221115 朝 磯坪南側交差点B(西→東)6 .MTSJ 1分10秒付近

## ① 磯坪南側交差点 朝ピーク・夕ピーク

3

### ●交通状況

- BRT専用走行路の車道を歩行  
(夜間は見えづらい)



地点1.20221115 朝 磯坪南側交差点A(南→北)3.MTSJ 11:47/22:44



地点1.20221115 夕 磯坪南側交差点A(南→北)4.MTSJ 15:25/22:44

## ① 磯坪南側交差点 朝ピーク・夕ピーク

4

### ●交通状況

➤押しボタン式信号を利用しない横断



地点1\_20221115\_朝\_磯坪南側交差点A(南→北)\_2.MTS 14:45/22:44



地点1\_20221115\_夕\_磯坪南側交差点A(南→北)\_5.MTS 9分2秒付近

## ② 大沼小学校東北側交差点 朝ピーク

5

### ●交通状況

➤交差道路が狭いため、交差点(BRT走行路)上ですれ違いが発生



地点2\_20221115\_朝\_大沼小学校東北側交差点A(北→南)\_6.MTS00:17/17:00

## ② 大沼小学校東北側交差点 朝ピーク

6

### ●交通状況

➢BRTバス接近時においても、一旦停止をせずに通過する車両が有る



地点2\_20221115\_朝\_大沼小学校東北側交差点A(北→南)\_8.MTS 4分16秒付近

## ② 大沼小学校東北側交差点 朝ピーク

7

### ●交通状況

➢小学生(集団登校)や中学生の通学路となっており、縁石(BRT走路)側ギリギリを通行するケースも発生



地点2\_20221115\_朝\_大沼小学校東北側交差点A(北→南)\_4.MTS7分25秒



地点2\_20221115\_朝\_大沼小学校東北側交差点A(北→南)\_3.MTS19秒付近

## ② 大沼小学校東北側交差点 朝ピーク・タピーク

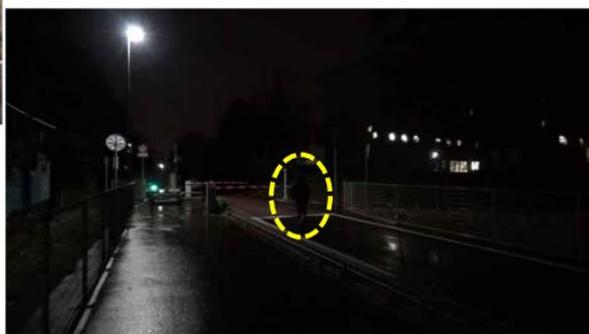
8

### ●交通状況

▶BRT専用走行路の車道を歩行  
(夜間は見えづらい)



地点2\_20221115\_朝\_大沼小学校東北側交差点A(北→南)\_4.MTS32秒付近



地点2\_20221115\_夕\_大沼小学校東北側交差点A(北→南)\_5.MTS16分31秒付近

## ② 大沼小学校東北側交差点

9

### ■インフラ状況

▶パトランプ点灯のタイミングが異なる  
左: BRTバスがまだバス停に停車しているタイミングで点灯  
右: BRTバスがバス停を出発したあとで点灯(バス停停車時にはまだ点灯していない)



地点2\_20221115\_朝\_大沼小学校東北側交差点A(北→南)\_3.MTS12分46秒付近



地点2\_20221115\_朝\_大沼小学校東北側交差点A(北→南)\_1.MTS13分15秒付近

## ② 大沼小学校東北側交差点

10

### ■インフラ状況

▶パトランプ点灯のタイミングが異なる

- 左: BRTバスが交差点に差し掛かる直前で点灯(これだけバスが近接してもまだ点灯していない)
- 右: BRTバスが交差点に差し掛かる前から余裕をもって点灯(バスが近接する前から点灯)



地点2\_20221115\_朝\_大沼小学校東北側交差点A(北→南)\_6.MTS1分15秒付近



地点2\_20221115\_朝\_大沼小学校東北側交差点A(北→南)\_6.MTS12分14秒付近

## ③ 大沼小学校東バス停 朝ピーク

11

### ●交通状況

- ▶ 集団登校する児童(小学生、1~2列で整列)があり、保護者が児童を誘導



地点3\_20221115\_朝\_大沼小学校東バス停A(北→南)\_4.MTS 09:09/17:01



地点3\_20221115\_朝\_大沼小学校東バス停A(北→南)\_4.MTS 09:31/17:01

### ③ 大沼小学校東バス停 朝ピーク

12

#### ●交通状況

- 対向車がいる場合、バス停にて待機



地点3\_20221115\_朝\_大沼小学校東バス停A(北→南)\_4.MTS 14:51/17:01

### ③ 大沼小学校東バス停 朝ピーク

13

#### ●交通状況

- バス停(上屋のある部分)内に収まりきらない場合、歩道までバス待ち列が延長し、通学時間帯はバス停前でBRT利用者と集団登校児童が錯綜



地点3\_20221115\_朝\_大沼小学校東バス停A(北→南)\_5.MTS 07:28/17:01



地点3\_20221115\_朝\_大沼小学校東バス停A(北→南)\_4.MTS 04:24/17:01

### ③ 大沼小学校東バス停 タピーク

14

#### ●交通状況

- BRT専用走行路の車道を歩行
- 大甕駅行き方面のバス停のみ屋根とベンチがあるため、常陸多賀駅行き方面のバスを待つ人も大甕駅行き方面のバス停を利用(バスの到着が近づくと、車道を横断して移動。雨天時はこの傾向は増すことが予想)



地点3\_20221115\_夕 大沼小学校東バス停A(北→南)\_2.MTS 9分58秒付近

### ③ 大沼小学校東バス停 タピーク

15

#### ■インフラ状況

- バス停にバスが接近する際、反対方向の道路用の信号は赤表示となるが、車両がバス停に入る直前にその信号が赤から青に変わる(赤→青のタイミングが早い)



地点3\_20221115\_夕 大沼小学校東バス停A(北→南)\_2.MTS 9分24秒付近

#### ④ 大沼小学校東南側交差点 朝ピーク

16

##### ●交通状況

- 交差点(BRT走行路)内に交差車両がある場合、バーステップを通過せずに一時停止



地点4\_20221115\_朝\_大沼小学校東南側交差点B(南→北).1.MTS21:21

#### ④ 大沼小学校東南側交差点 朝ピーク・タピーク

17

##### ●交通状況

- 海側道路へ進入する際、交差点(BRT走行路)内で停止する車両あり(すれ違いできるのは交差点(BRT走行路)内のみ)
- 車両滞留のタイミングでBRTバスが接近した場合の対応が課題



地点4\_20221115\_朝\_大沼小学校東南側交差点B(南→北).3.MTS8:04



地点4\_20221115\_夕\_大沼小学校東南側交差点B(南→北).1.MTS23:21

#### ④ 大沼小学校東南側交差点 朝ピーク

18

##### ●交通状況

➢7:30-8:30は左折禁止であるが左折する車両もある



地点4.20221115.朝\_大沼小学校東南側交差点B(南→北).2.MTS4:45

#### ④ 大沼小学校東南側交差点 朝ピーク・夕ピーク

19

##### ●交通状況

➢BRT専用走行路の車道を歩行  
(夜間は見えづらい)



地点4.20221115.朝\_大沼小学校東南側交差点B(南→北).3.MTS15:07



地点4.20221115.夕\_大沼小学校東南側交差点B(南→北).3.MTS9:01

## ④ 大沼小学校東南側交差点 朝ピーク

20

### ●交通状況

- 集団登校する児童(小学生、1～2列で整列)があり、保護者が児童を誘導
- バーゲート付近は道幅が狭く、すれ違いの際にはBRT路線へはみ出して通行



地点4.20221115 朝 大沼小学校東南側交差点A(北→南).5.MTS 5:21



地点4.20221115 朝 大沼小学校東南側交差点B(南→北).2.MTS18:39

## ④ 大沼小学校東南側交差点

21

### ■インフラ状況

- BRTバス通過後もバーゲートが閉まらない、かつ、パトランプも点灯(バス通過後50秒程度)
- ※同様の事象は、すべてBRTバスが北→南に向かう方向で発生



地点4.20221115 朝 大沼小学校東南側交差点B(南→北).1.MTS12:09

## ④ 大沼小学校東南側交差点

22

### ■インフラ状況

▶パトランプ点灯のタイミングが異なる

左: BRTバスが交差点に差し掛かる直前で点灯(これだけバスが近接してもまだ点灯していない)

右: BRTバスが交差点に差し掛かる前から余裕をもって点灯(バスが近接する前から点灯)



地点4\_20221115\_朝\_大沼小学校東南側交差点B(南→北).1.MTS19:40



地点4\_20221115\_朝\_大沼小学校東南側交差点B(南→北).2.MTS1:42

## ⑤ 寺方北側単路部 朝ピーク・夕ピーク

23

### ●交通状況

▶ 学生が歩道いっぱい広がって通行(縁石の上やBRT路線へはみ出して通行)

▶ タイミングによっては歩道から緑の横断帯へはみ出して学生が滞留



地点5\_20221116\_朝\_寺方北側単路部B(北→南).1.MTS 17:31



地点5\_20221116\_夕\_寺方北側単路部A(北→南).1.MTS 16:05

## ⑤ 寺方北側単路部 朝ピーク

24

### ●交通状況

➤ 緑の横断帯と横断歩道の上に歩行者が滞留している場合がある



地点5\_20221116\_朝\_寺方北側単路部B(北→南)\_1.MTS 26:08



地点5\_20221116\_朝\_寺方北側単路部B(北→南)\_1.MTS 10:36

## ⑥ 寺方南側交差点 朝ピーク

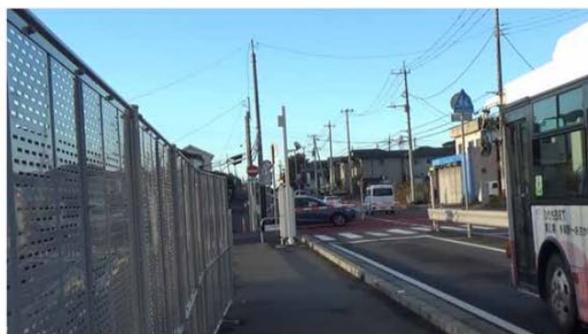
25

### ●交通状況

➤ 横断者や交差車両が交差点(BRT走行路)上にある場合、バーストップ前で一時停止



地点6\_20221116\_朝\_寺方南側交差点B(北→南)\_1.MTS13:53



地点6\_20221116\_朝\_寺方南側交差点B(北→南)\_2.MTS0:49

## ⑥ 寺方南側交差点 朝ピーク・夕ピーク

26

### ●交通状況

- 横断歩道上(交差点内(BRT走行路上))で山側道路への横断待ちがある。



地点6\_20221116\_朝\_寺方南側交差点A(南→北) 6.MTS4:07



地点6\_20221116\_夕\_寺方南側交差点B(北→南) 2.MTS4:03

## ⑥ 寺方南側交差点 朝ピーク

27

### ●交通状況

- 海側から山側へ横断歩道を通過する自転車とバスがお見合いとなるケースが発生(40秒ほどバスが発車できていなかった)



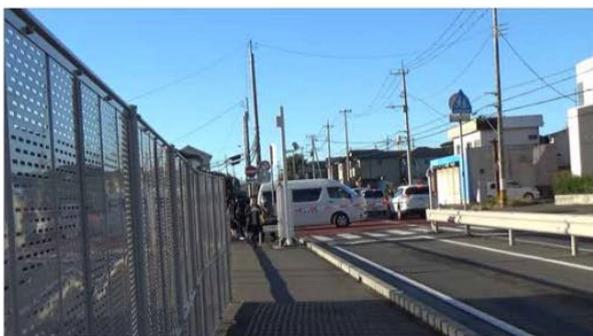
地点6\_20221116\_朝\_寺方南側交差点A(南→北) 5.MTS14:49

## ⑥ 寺方南側交差点 朝ピーク・夕ピーク

28

### ●交通状況

- 山側道路へ合流する際、BRT路線内で停止する車両あり
- 山側道路で混雑が発生している場合等は、交差点(BRT走行路)で立ち往生が発生



「地点6\_20221116\_朝\_寺方南側交差点B(北→南)\_3.MTS」15分57秒付近



地点6\_20221116\_夕\_寺方南側交差点B(北→南)\_3.MTS8:54

## ⑥ 寺方南側交差点 朝ピーク・夕ピーク

29

### ●交通状況

- 学生が歩道いっぱいになって通行(縁石の上を通行するケースも発生)



地点6\_20221116\_朝\_寺方南側交差点B(北→南)\_4.MTS0:27



地点6\_20221116\_夕\_寺方南側交差点B(北→南)\_2.MTS12:52

## ⑥ 寺方南側交差点

30

### ■インフラ状況

- ▶パトランプ点灯のタイミングが異なる
  - 左: BRTバスが交差点に差し掛かる直前で点灯  
(バーゲートが上がってから点灯するケースやバーゲートが上がっても点灯しないケースも。)
  - 右: BRTバスが交差点に差し掛かる前から余裕をもって点灯(バスが近接する前から点灯)



地点6\_20221116\_朝\_寺方南側交差点A(南→北)\_4.MTS13:19



地点6\_20221116\_朝\_寺方南側交差点A(南→北)\_4.MTS5:39

## ⑥ 寺方南側交差点

31

### ■インフラ状況

- ▶BRTバス通過後もバーゲートが閉まらない、かつ、パトランプも点灯(バス通過後50秒程度)  
※同様の事象は、すべてBRTバスが北→南に向かう方向で発生



地点6\_20221116\_朝\_寺方南側交差点A(南→北)\_5.MTS15:44

## ⑦ 水木北側交差点 朝ピーク・夕ピーク

32

### ●交通状況

- 集団登校する児童あり。(小学生、1～2列で整列)
- 学生が歩道いっぱいに広がって通行(縁石の上を通行するケースも発生)



地点7\_20221116\_朝\_水木北側交差点B(北→南)\_2.MTS17:36



地点7\_20221116\_夕\_水木北側交差点B(北→南)\_2.MTS0:00

## ⑦ 水木北側交差点 朝ピーク・夕ピーク

33

### ●交通状況

- 赤信号のタイミングでは多くの学生が歩道に滞留し、青信号になると横断歩道の幅をはみ出して通行(BRTと並行する方向)



地点7\_20221116\_朝\_水木北側交差点B(北→南)\_2.MTS4:38



地点7\_20221116\_朝\_水木北側交差点B(北→南)\_2.MTS10:27

## ⑦ 水木北側交差点 朝ピーク・夕ピーク

34

### ■インフラ状況

- バーゲートが開いた後も交差側道路通過時に長い信号待ちが発生



地点7\_20221116\_朝\_水木北側交差点A(南→北)\_3.MTS7:35



地点7\_20221116\_夕\_水木北側交差点A(南→北)\_1.MTS16:51

## ⑧ 南部図書館交差点 朝ピーク

35

### ●交通状況

- BRT専用走行路の車道を歩行



地点8\_20221116\_朝\_南部図書館北側交差点A(南→北)\_4.MTS20分27秒付近



地点8\_20221116\_朝\_南部図書館北側交差点A(南→北)\_6.MTS5分49秒付近

## ⑧ 南部図書館交差点 朝ピーク

36

### ●交通状況

➤バスレーン出入口両側にある標識は「車両通行止め」であるため、歩行者に対しては「進入可能」



地点8\_20221116\_朝\_南部図書館北側交差点A(南→北)\_6.MTS6分11秒

## ⑧ 南部図書館交差点 朝ピーク

37

### ●交通状況

➤山側(西側)交差道路は、6時半～8時の間は朝日が差し込み、交差点に向かう視界が悪い(視認性の課題)



地点8\_20221116\_朝\_南部図書館北側交差点B(西→東)\_1.MTS 27秒

#### 6.3.4. 所要時間調査結果

今年度実証実験において記録した運行車両のログデータをもとに、運行日別・便別に、各バス停間の所要時間や専用道区間の総所要時間について整理を行った（2023年1月5日～1月20日分を集計）。

南部図書館→河原子 BRT 向き（北向き）の平均所要時間（バス停での停車時間含む）は約 31 分であり、通常のひたち BRT の所要時間（時刻表通りに運行された場合）と比べると+11 分となっている。ただし、今回の実証実験においてはもとより余裕時間を見込んだダイヤ設定となっており、実証実験用に設定した時刻表通りに運行された場合と比べると+1 分と、概ね設定通りの所要時間である。なお、所要時間の最小値は約 29 分、最大値は約 33 分であった。

河原子 BRT→南部図書館向き（南向き）の平均所要時間（バス停での停車時間含む）は約 31 分であり、北向きと同様に、通常のひたち BRT の所要時間（時刻表通りに運行された場合）と比べると+11 分、実証実験用に設定した所要時間と比べると+1 分であった。なお、所要時間の最小値は約 26 分、最大値は約 33 分であった。

表 6-6 所要時間調査結果 (2023 年 1 月 5 日～1 月 20 日)

	北向き		南向き
河原子	0:00:04	河原子	0:00:12
↑	<b>0:03:01</b>	↓	<b>0:03:03</b>
磯坪	0:00:06	磯坪	0:00:04
↑	<b>0:02:18</b>	↓	<b>0:02:20</b>
大沼	0:00:12	大沼	0:00:08
↑	<b>0:02:36</b>	↓	<b>0:02:45</b>
大沼小学校東	0:00:21	大沼小学校東	0:00:17
↑	<b>0:02:28</b>	↓	<b>0:02:40</b>
寺方	0:00:26	寺方	0:00:03
↑	<b>0:03:35</b>	↓	<b>0:03:39</b>
水木	0:00:13	水木	0:00:06
↑	<b>0:01:49</b>	↓	<b>0:02:07</b>
泉が森	0:00:16	泉が森	0:00:03
↑	<b>0:03:20</b>	↓	<b>0:03:27</b>
大みか駅西口	0:01:06	大みか駅西口	0:00:09
↑	<b>0:02:36</b>	↓	<b>0:03:09</b>
臨海工場西	0:00:07	臨海工場西	0:00:04
↑	<b>0:01:12</b>	↓	<b>0:01:00</b>
吹上橋	0:00:05	吹上橋	0:00:03
↑	<b>0:01:01</b>	↓	<b>0:01:00</b>
どうのいり公園	0:00:06	どうのいり公園	0:00:04
↑	<b>0:00:49</b>	↓	<b>0:01:08</b>
日立商業高校	0:00:09	日立商業高校	0:00:04
↑	<b>0:00:59</b>	↓	<b>0:01:25</b>
日立商業下	0:00:06	日立商業下	0:00:04
↑	<b>0:01:51</b>	↓	<b>0:01:53</b>
南部図書館	0:00:17	南部図書館	0:00:07
<b>平均所要時間 (走行時間のみ)</b>	<b>0:27:36</b>	<b>平均所要時間 (走行時間のみ)</b>	<b>0:29:34</b>
<b>平均バス停停車時間</b>	<b>0:03:33</b>	<b>平均バス停停車時間</b>	<b>0:01:30</b>
<b>平均所要時間 (停車時間含む)</b>	<b>0:31:10</b>	<b>平均所要時間 (停車時間含む)</b>	<b>0:31:04</b>

## 6.4. 走行環境整備の検討

### 6.4.1. 走行環境整備の考え方

#### (1) 走行環境整備の基本的な考え方

日立地域（ひたち BRT）専用道区間での走行環境整備の検討においては、専用道区間及び一般交通との交差点において、歩行者・車両等の混在する交通の中で、レベル4自動運転サービスを展開するにあたり、自動運転車両は基本的に自律で対応する。

#### ⇒自動運転車両の自律性の確保

しかし、安全性や円滑性の面で、自律で対応が困難な状況においては、道路構造の整備、協調型インフラの導入、交通規制等を用いて、走行環境条件を満たす走行環境の構築が必要であると考えられる。

#### ⇒自律での対応が困難なシーンへの対応

歩行者・車両等の混在する交通の中で他交通及び自動運転車両の事故発生リスクの抑制も必要である。

#### ⇒安全な交通の確保

日立地域（ひたち BRT）専用道区間で、他交通（歩行者・車両等の混在する交通）に対して介入の抑制、注意喚起により自動運転サービス（運行ダイヤ）を維持する。

#### ⇒円滑な交通の確保

走行環境整備においては、メリット（車両感知空間の確保、安全性の向上、時間短縮、待機空間の確保等）に対して、デメリット（整備コストが必要、交通規制（主道路変更）、交差道路の円滑性阻害、維持管理コストが必要、騒音の発生等）もあり、自動運転車両の感知・走行機能に対して、必要最小限での整備にとどめる必要がある。

#### ⇒適正が必要最小限で走行環境整備

表 6-7 基本的な考え方の整理

目的	方策	手段
<b>自動運転車両の自律性の確保</b>	1.車両感知空間の確保	障害物の移設
<b>自律での対応が困難なシーンへの対応</b>	2.自動運転バスの走行性の確保	信号連携
		車両感知
		歩行者感知
<b>安全な交通の確保</b>	3.交通規制等変更	主道路の変更（速度抑制）
	4.待機空間の確保	歩車を離す
<b>円滑な交通の確保</b>	5.BRT 専用空間の確保	歩車分離
	6.注意喚起	走行情報の提供
		接近情報の提供

#### 6.4.2. 走行環境整備の問題・課題

走行環境整備の検討では、自動運転レベル4の社会実装に向け、整備すべき走行環境を明らかにすることを目的に検討を試みたが以下の課題となり、詳細検討の実施ができなかった。

次年度においては、以下の課題に対応した検討を行い、日立地域（ひたちBRT）専用道区間での走行環境整備も含めた検討が必要である。

日立地域（ひたちBRT）専用道区間では、構造面での検討に加え、走行環境整備で影響を受ける箇所での混在交通（車両・歩行者）の実態を定量的に明らかにすることも必要である。

日立地域（ひたちBRT）専用道区間を走行する自動運転レベル4の自動運転バス側の自律能力を明確にし、試験フィールドでの十分な検証を行い、自律できない箇所・区間を定量的に明らかにする必要がある。

また、交差点においては、交差道路が主交通の場合には、一般交通（車両・歩行者）に対して安全性・円滑性を十分に確保できる自動運転レベル4の自動運転バスの高度化が必要となる。

特に交差点側の一般交通（車両・歩行者）は、道路や気象状況の状況、車両状況、人的要素（先天的能力、学習能力、反応時間等）等と多種多様な特性を有しており、これらに対応した車両開発の高度化も必要である。

河原子（BRT）～南部図書館の専用道区間という特定条件下（限定地域）において、BRT信号システムが運行制御を実施しているが、実証実験時での自動運転バスとBRT路線バスのイレギュラーな事象もあり、自動運転レベル4に向けた改善対策も必要である。

## 第7章 インフラ連携の仕組み検討

### 7.1. インフラ連携の高度化

2021年度は、これまでの実証でのインフラ連携事例を踏まえ、日立地域において導入可能なインフラ連携の仕組みについて整理し、ひたち BRT 区間（専用空間）特有のインフラ（バーゲート制御機能や車両すれ違い支援機能等）との連携の仕組みについて検討した。

2022年度は、2021年度に検討した内容を踏まえ、日立地域で予定している現地実証実験に向けて、テーマ4や日立製作所と連携し、日立地域において導入可能なインフラ連携の仕組みとひたち BRT 専用区間特有のインフラとの連携の仕組みを継続して検討するとともに、必要に応じて既設インフラ機器の改造や路側機・無線機等の取付詳細設計（支柱設計、強度計算等）及び据付工事・調整を行った。なお、バーゲート制御機能については、垂れ幕等により、自動運転制御用の車載カメラからのバーゲートの認識率を向上させる方策を行い、それらの有無による認知率の違いを検証した。また、車両すれ違い支援機能については、自動運転制御用の車載カメラからのすれ違い用信号の認識状態を検証した。

以降、日立地域における BRT インフラシステムを「ひたち BRT システム」と呼ぶこととする。

#### 7.1.1. 2021年度成果の整理

##### (1) 既設インフラ

ひたち BRT システムにおいてインフラ連携を検討するにあたり、現場側（ひたち BRT 専用道区間）にて、特に制御盤と BRT 信号・バーゲートの役割を整理した。

##### (2) インフラ連携の設計対象

インフラ機器の役割を考慮して、インフラ連携によりバスの自動走行を支援するために、以下を設計対象候補とした。

##### 【インフラ連携を行うための設計対象候補】

- バーゲート：バス側に開閉信号や故障信号を伝送する。
- BRT 信号：バス側に灯色信号や故障信号を伝送する。
- 制御盤：バーゲートや BRT 信号の情報を集約して、バス側に伝送する。
- 既設サーバ：集約した開閉信号や灯色信号、故障信号を伝送する。

よって、ひたち BRT での無人自動運転移動サービスを支援するために、バーゲート、BRT 信号、制御盤、既設サーバをインフラ連携の設計対象候補とする。

### (3) ひたち BRT システムの高度化の大方針

既設のひたち BRT システムのインフラを設計対象候補として、灯色信号や開閉信号、故障信号の伝送により車両制御をサポートする場合、対象設備が多く、既設インフラの改造費が膨大になることが予想される。

コストメリットの観点から、以下の方針でひたち BRT システムの高度化を行う予定とした。

#### 【高度化の大方針】

- ① 基本は、車両カメラ増設やバーへの反射材追加を行い、BRT 信号の灯色情報やバーゲートの開閉情報を検知・認識し、車両検知できるようにする。
- ② 車両制御のサポートとして、インフラ側から情報の伝送も検討する。

ここで、インフラ情報の通信方法としては、V2N (Vehicle to Network) と V2I (Vehicle to Infrastructure) の 2 種類を想定した。V2N は、制御盤などを改修して、クラウドサーバ経由で車両にインフラ情報を伝送する方法である。V2I は、インフラ機器や制御盤を改造 (信号分岐、無線装置を追加) し、車両にインフラ情報を伝送する方法である。

#### (4) ひたち BRT システムの高度化検討

前項で示した高度化の大方針①、②を実施するために、関係機関に対してヒアリングを行った。その上で、システム構成（案）を複数検討し比較検討を行った。

当初想定していたカメラ配置では認識できる信号は3箇所程度であるが、カメラ増設により他の箇所も確認可能であることがわかった。ただし、実際にフィールド検証を行った結果ではないため、大方針②において灯色信号の伝送を含め検討を行うこととした。

大方針①は、前段で整理した通り、車両側に搭載するカメラやセンサ等でバーゲートの開閉や BRT 信号の灯色情報を検知・認識して車両制御を行うものである。

大方針②は、インフラ情報の伝送ルートが複数案考えられるため、整備コストや施工にあたっての必要日数、現行サービスへの影響度等を考慮し、対応方針を引き続き検討する必要がある。

#### (5) 次年度の方針整理

前項で整理した通り、大方針①・②で高度化を進める方針としたが、遠隔運転支援サーバのインタフェース仕様など、要求仕様が不明な点が多い。

そこで、2022 年度は、大方針①の実施、および大方針②を実施する際の要件定義等、詳細検討を行う期間として位置づけとした。

### 7.1.2. インフラ連携実証実験の概要

#### (1) インフラ連携実証実験の目的

過年度（2020年度）の「中型自動運転バスにおける実証評価に対する地域実証（茨城県日立市）」での課題を踏まえ、自動運転バスの車両制御をサポートするためのインフラ連携を行い、今後の2023年度レベル3以上の社会実装に向けてインフラ連携機器精度検証とともに、自動運転車両の走行制御ロジックへフィードバックを目的に自動運転車両の安全で円滑な運行を支援するために実施した。

#### (2) 検証項目・検証方法

本実証でも、専用道区間の中で、一般道路との交差点や複雑な交差点などから対策の優先度高いと想定された箇所を車両開発者側の意見に加え、過年度実証実験の手動介入記録及び運行事業者ヒアリング結果をもとに、今年度における検証項目・検証方法を整理した。

表 7-1 インフラ連携実証実験の検証項目と検証方法

検証項目	検証目的	検証方法
1. 障害物検知でセンサから得られる接近車両等の情報の有効性検証 【磯坪交差点、南部図書館交差点】	①通信方法（LTE通信）の精度検証（事例：1秒～2秒程度、ばらつき） ②センサの検知精度の検証（カメラ・LiDAR）（正確なデータの収集） ③自動運転車両の走行制御ロジックへフィードバック	通信遅延の問題の把握 センサの検知精度の把握 （検証用カメラ画像から人手で車種／車両位置／速度を収集し、センサ情報と比較）
2. 信号連携で得られる情報（現在灯色／残時間等）の有効性検証 【水木交差点】	①無線通信精度（通信エリア、パケット到達率、遅延） ②システム遅延の精度検証し、自動運転車両の走行制御ロジックへフィードバック	検証用カメラで実際の信号灯色を撮影し、信号連携から与えられる情報と比較
3. BRT信号・バーゲートの認知精度の検証 【各箇所】	①車載カメラ増設によるBRT信号及びバーゲート（垂れ幕）の認知精度の検証	垂れ幕の検出率（正検出／誤検出／未検出）を精度検証 BRT信号の検出率（正検出／誤検出／未検出）を精度検証
4. 「ひたちBRTシステム」におけるインフラ情報の伝送による連携	自動運転に対応するため必要な改修要件の把握	自動運転に対応するための既存設備の改修要件（課題）の整理

### 7.1.3. ひたち BRT 特有のインフラ（バーゲート）の認識率向上に向けた方策の実施

#### (1) 手法の検討

自動運転バスの車両制御のサポートとして、車載カメラによる BRT バーゲート開閉時の視認性の向上と BRT 専用路への誤進入車の防止対策を目的として、ひたち BRT 専用道区間（南部図書館～河原子）の各交差点における既設バーゲートに垂れ幕の取付を行う。

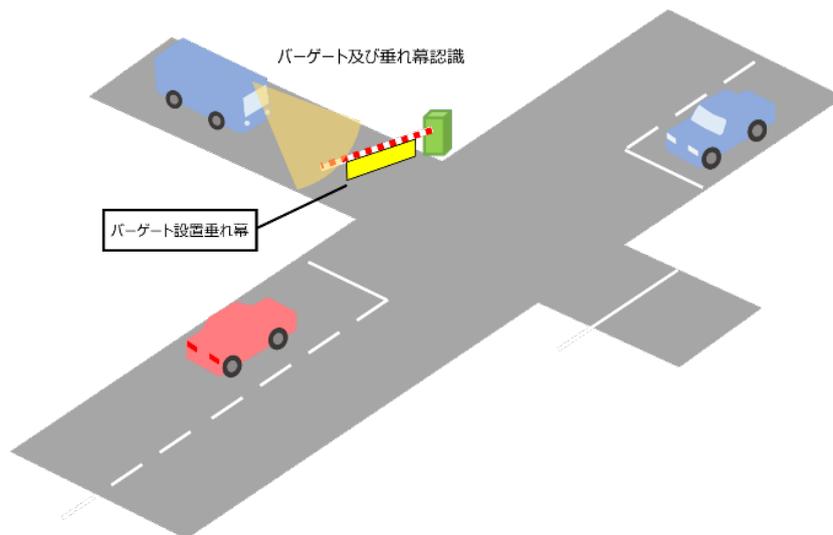


図 7-1 バーゲートへの垂れ幕の設置

#### (2) 垂れ幕の仕様の検討

既設バーゲートに設置する垂れ幕の当初仕様案として図 7-2 に示す 4 案を検討し、関係者（日立市、茨城県警、先進モビリティ、茨城交通）へのヒアリングを通じて、No.4 の仕様案に決定した。

No.	表示内容	仕様案
1	(標準仕様) 進入禁止 マーク有	
2	進入禁止	
3	一般車両 進入禁止	
4	バス専用道 につき 進入禁止	

(表：一般道路側、裏：BRT レーン側)

図 7-2 垂れ幕の当初仕様案

### (3) 関係機関協議の実施

作業前に茨城交通への夜間のバス専用道への立ち入り、作業実施の協議、日立市への道路占用許可、茨城県警（日立警察署）への道路使用許可を取得し了承を得た上で作業を行った。

### (4) バーゲートへの垂れ幕取付の実施

以下の要領で既設バーゲートに垂れ幕の取付を行った。

#### 1) 作業内容

既設バーゲートへの垂れ幕の取付

#### 2) 作業日時

作業日：令和4年12月14日（水）、15日（木）

作業時間：AM0:00～5:00

#### 3) 道路占用期間

令和4年12月1日（木）～令和5年3月31日（金）

4) 対象箇所

図 7-3 に垂れ幕の取り付け対象箇所の位置図、図 7-4～図 7-16 に各箇所の詳細を示す。



図 7-3 位置図

## 地点詳細図



図 7-4 地点別詳細図(河原子交流センター前)

## 地点詳細図



図 7-5 地点別詳細図 (磯坪)

## 地点詳細図



図 7-6 地点別詳細図 (磯坪)

## 地点詳細図



図 7-7 地点別詳細図 (大沼停)

## 地点詳細図



図 7-8 地点別詳細図 (大沼停)

## 地点詳細図

<b>地点 No.</b>	No.4 大沼小学校東		
<b>内容</b>	バーゲートへの垂れ幕の取付(Ⅱ期分)		
<b>地点名(住所)</b>	茨城県日立市東大沼町2-1-8		
			
			
<b>バーゲート設置箇所</b>			
<b>設置位置A</b>	市道8346号線		
			
おさかなセンター方面			

図 7-9 地点別詳細図(大沼小学校東)

## 地点詳細図



図 7-10 地点別詳細図(大沼小学校東)

## 地点詳細図



図 7-11 地点別詳細図(寺方)

## 地点詳細図



図 7-12 地点別詳細図(水木)

## 地点詳細図



図 7-13 地点別詳細図 (大甕駅)

## 地点詳細図

地点 No.	No.8 臨海工場		
内容	パーゲートへの垂れ幕の取付(Ⅰ期分)		
地点名(住所)	茨城県日立市久慈町2丁目30-723地先		
			
			
パーゲート設置箇所			
設置位置A	市道8341号線		
			

図 7-14 地点別詳細図(臨海工場)

## 地点詳細図

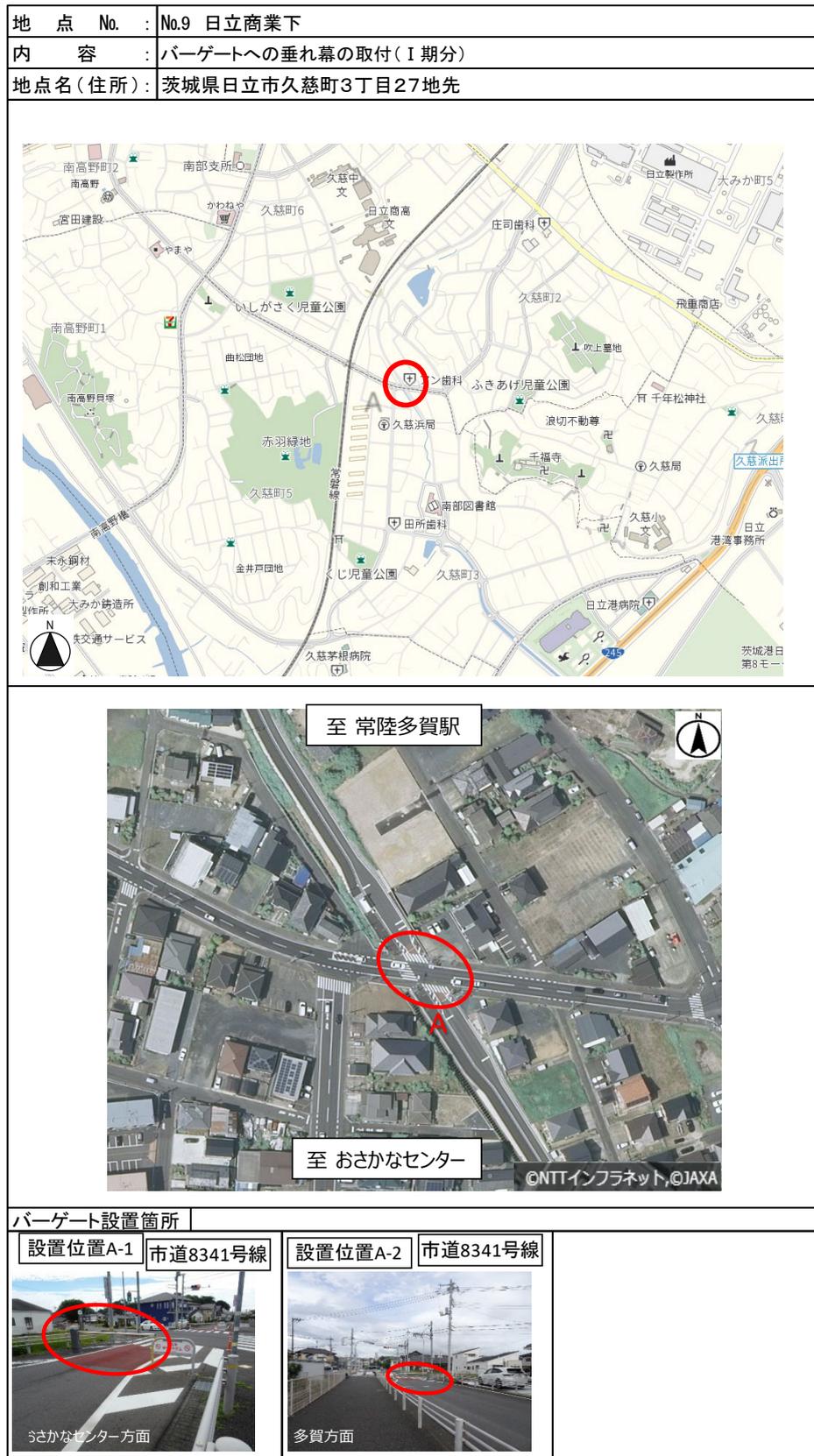


図 7-15 地点別詳細図 (日立商業下)

## 地点詳細図

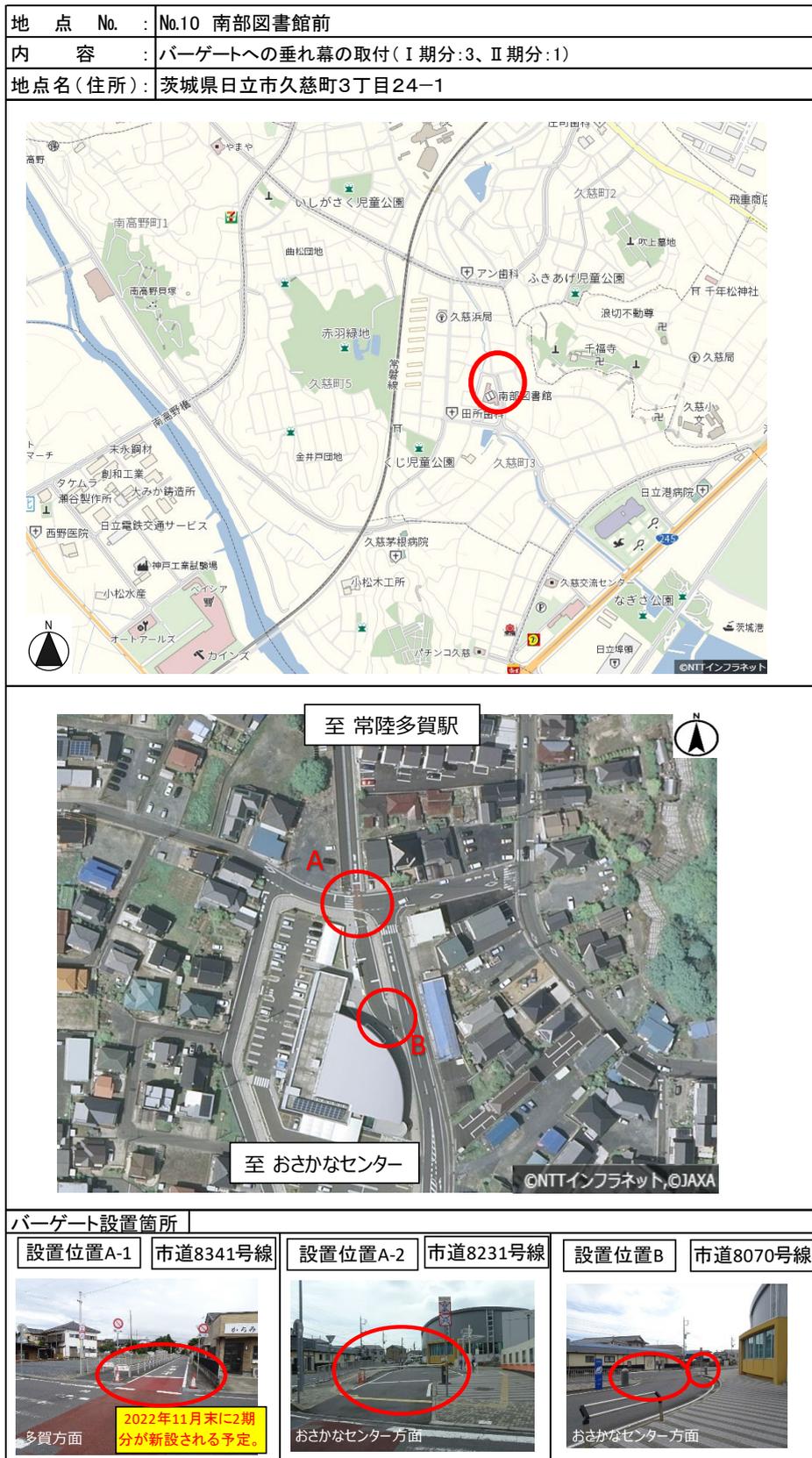


図 7-16 地点別詳細図 (南部図書館)

5) 垂れ幕の設計図及び取付図

7.1.2-(2)で決定した仕様案に基づいた設計図及び取付図を図 7-18 から図 7-21 に示す。

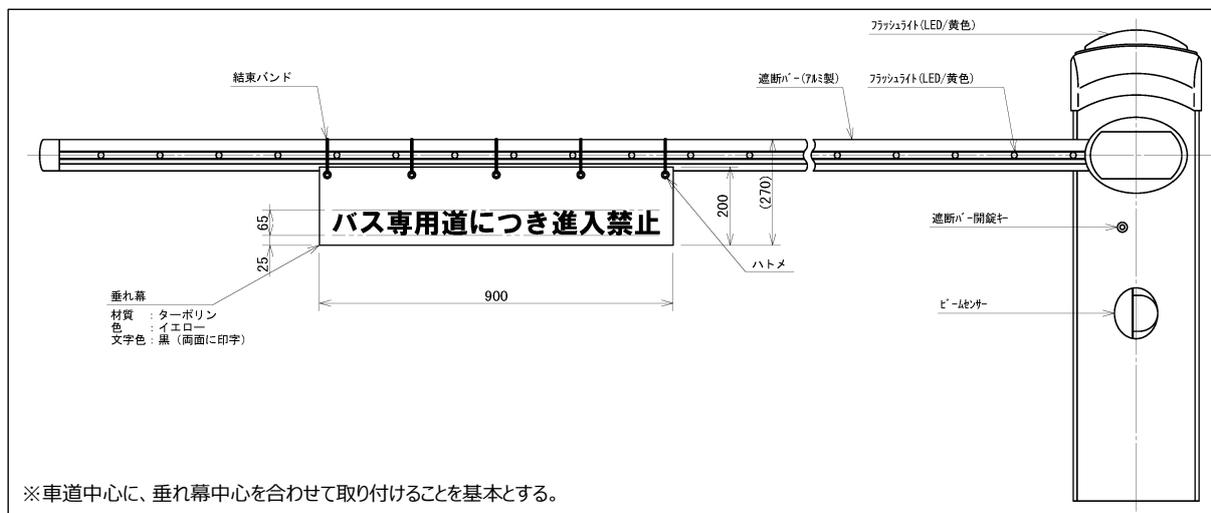


図 7-17 バーゲートへの垂れ幕取付図 (I 期分)



図 7-18 垂れ幕設計図 (I 期分)

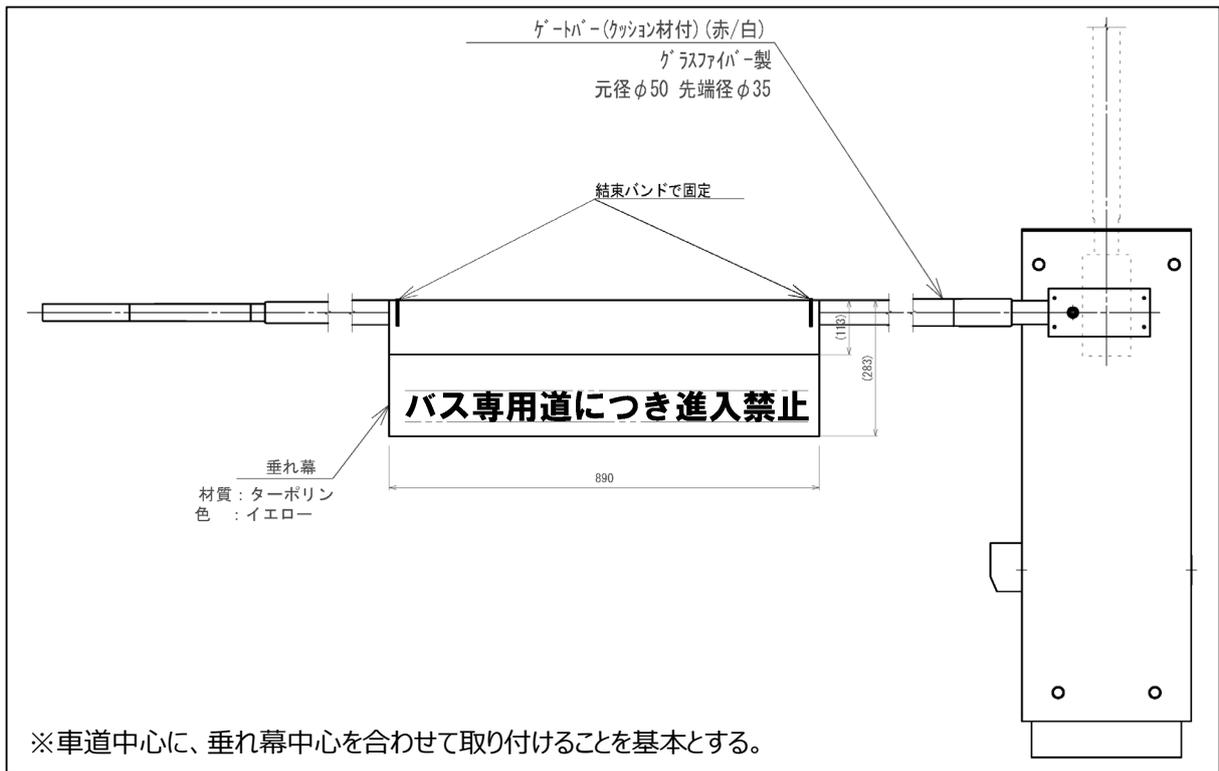


図 7-19 バーゲートへの垂れ幕取付図 (Ⅱ期分)



図 7-20 垂れ幕設計図 (Ⅱ期分)

製作した垂れ幕を図 7-21、図 7-22 に示す。

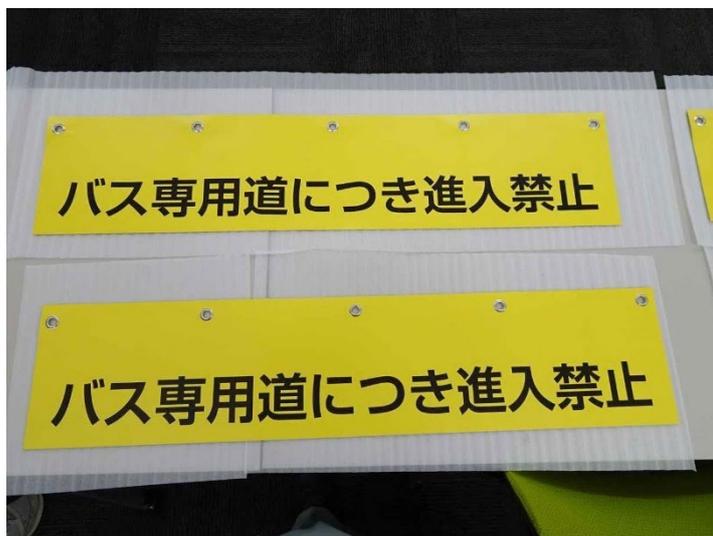


図 7-21 垂れ幕製作物（Ⅰ期分）

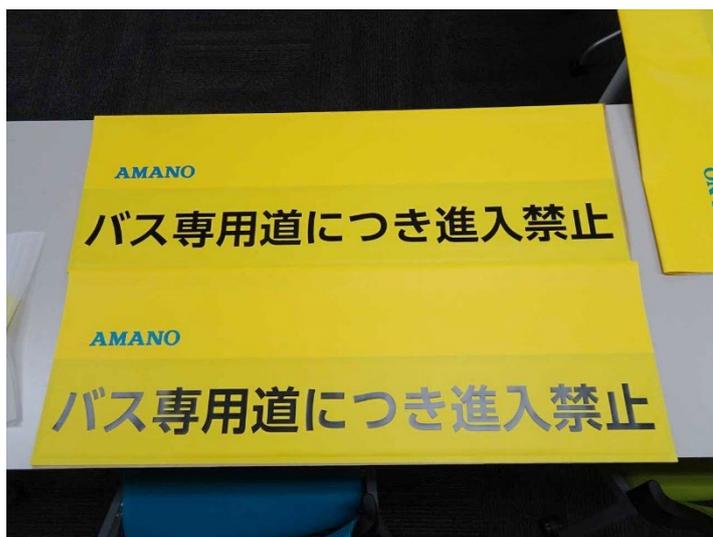


図 7-22 垂れ幕製作物（Ⅱ期分）

#### 6) 作業手順

各バースゲートにおける垂れ幕の取り付け前後の状況を図 6.1.3-20～図 6.1.3-29 に示す。



図 7-23 垂れ幕の取付前及び取付後の状況 (①河原子)



図 7-24 垂れ幕の取付前及び取付後の状況 (②磯坪)

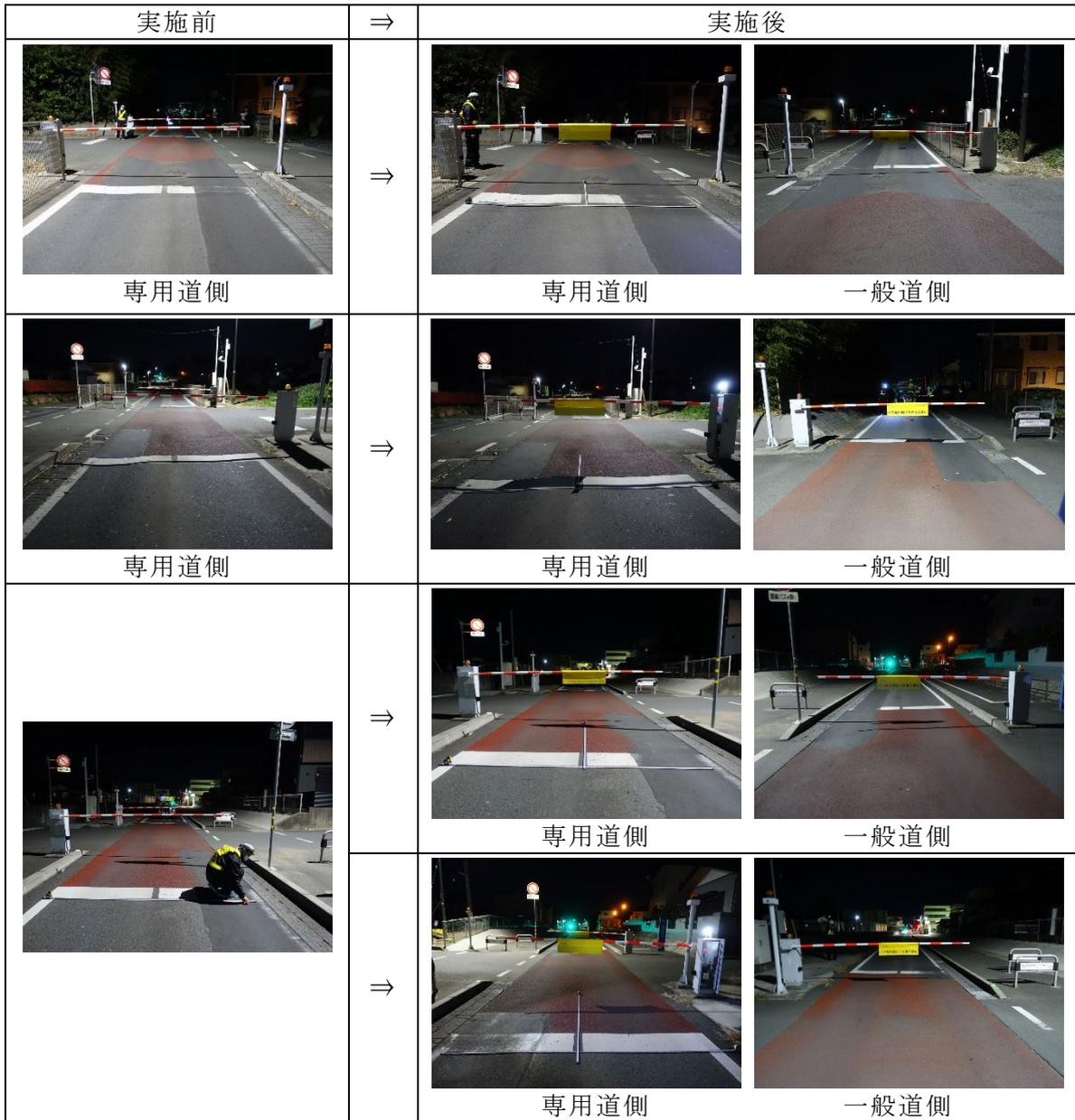


図 7-25 垂れ幕の取付前及び取付後の状況 (③大沼停)



図 7-26 垂れ幕の取付前及び取付後の状況 (④大沼小学校東)



図 7-27 垂れ幕の取付前及び取付後の状況（⑤寺方）



図 7-28 垂れ幕の取付前及び取付後の状況 (⑥水木)



図 7-29 垂れ幕の取付前及び取付後の状況 (⑦大甕駅西口)

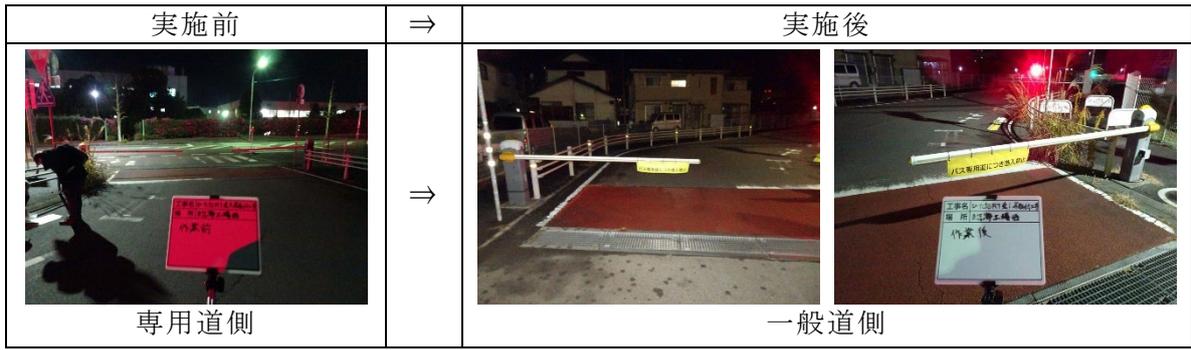


図 7-30 垂れ幕取付（⑧臨海工場西）

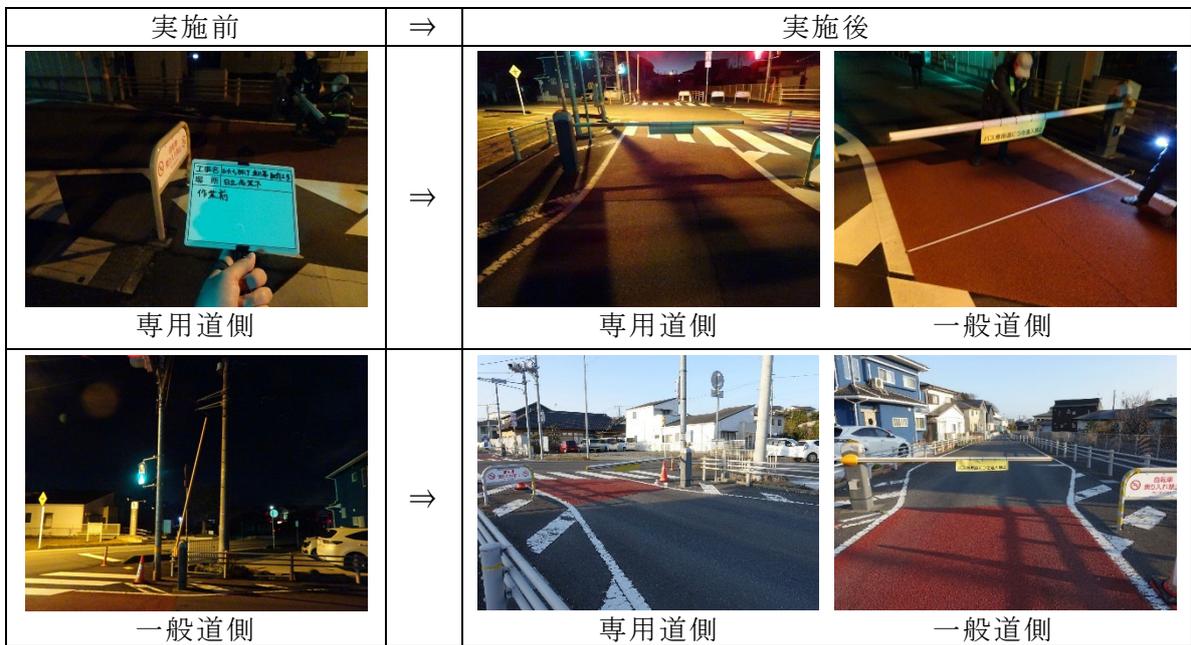


図 7-31 垂れ幕の取付前及び取付後の状況（⑨日立商業下）



図 7-32 垂れ幕の取付前及び取付後の状況（⑩南部図書館）

(5) 車両側の精度検証

車両側の精度検証結果は、「(高度化) 第4章 4.3.2 ひたち BRT 走行結果」に示すとおりである。

#### 7.1.4. ひたち BRT 特有のインフラシステムとの連携に向けた検討

##### (1) インフラ情報の取得による連携の検討

「ひたち BRT システム」におけるインフラ情報の伝送による連携を検討するにあたり、自動運転に対応するための改修要件案の検討を行い、その案を実現するために必要な既存設備の改修要件を検討した。

##### 1) 現状課題把握

ひたち BRT に設置している設備と運用を基に、自動運転時に対応が必要となる事項を検討した。

##### ① 位置検知のための RFID の運用

ひたち BRT は車両の位置検知に、RFID とループコイルを用いている。RFID を搭載した車両が地面に埋設あるいは路側に設置したループコイル近傍に接近すると、ループコイルからの信号を RFID が受信し、RFID は自らの ID を発信開始する。この信号を路側のアンテナが受信することでその ID を持った RFID がループコイル上に到達したことを検知する仕組みである。この検知結果を基に各種制御を行っている。運行務開始前の点呼時に、必ず、RFID タグのボタンを長押しして電池残量のチェックを実施し、電池残量がない場合は運用者にて電池を交換する運用としている。

## ② バーゲートの運用

BRT 専用道へ一般車が誤進入することにより不測の事態が生じることを避けるため、一般車が進入可能な BRT 専用道と一般道との接続箇所にはバーゲートを設置している。

## ③ 停留所・すれ違い区間の運用

ひたち BRT はすれ違いを行えない単線区間があることから、単線区間でのすれ違いを支援するための乗務員接近表示器・乗務員用信号機を設置している。

## ④ 待避所の運用

単線区間内には待避所が設けられている個所がある。

## ⑤ 停電時の対応

### ⑤-1 不意の停電の場合

制御盤は補助電源を有していないため、停電が発生した場合は、制御盤が電源を供給する機器が即停止する。

### ⑤-2 計画停電の場合

バス運行事業者の営業所以外に、計画的な停電は発生しないものとする。その場合、利用者向け接近表示器は表示しなくなるが、乗務員用信号機、バーゲート等の動作への影響はない。

## ⑥ NTT 回線断時の対応

おさかなセンター、常陸多賀駅および BRT 専用区間とバス運行事業者の通信には NTT の光回線を使用している。通信断が発生した場合、バス運行事業者からの監視と利用者向け接近表示器は機能しなくなるが、乗務員用信号機、バーゲート等の動作への影響はない。

BRT 専用区間で要求される運用のうち、自動運転化において自動運転車両およびバス運行事業者の担当者で対応できないと推測する運用を以下に列記する。また、自動運転車両単独では困難と思われる自動運転車両のセンサ死角やセンサ検知範囲以遠の情報収集と、動作状況の蓄積を課題として追加した（表 7-2）。

表 7-2 課題となる運用

No.	要求元項番	運用
課題 1	② 4)	バーゲートに近づいてもゲートが開かず、本体上部のランプが点灯していない場合、RFIDタグのボタンを長押ししてゲートを開ける。RFIDタグのボタン長押しによるゲート開は、RFIDタグの無線電波が届くゲートを全て開く。
課題 2	② 5)	RFIDタグのボタンを長押ししてもゲートが開かない場合は、運用管理者などが管理しているバーゲート専用の鍵を使用して、手動でバーを上げる。
課題 3	③ 3)	自車または対向車が乗務員向け接近表示器の信号の状態を見落とした場合、鉢合わせになるため十分注意して通行する。
課題 4	③ 4)	RFIDタグを検出できなかった場合も、信号を正しく制御できていない可能性があるため、十分注意して通行する。
課題 5	③ 9)	閉塞区間進入後に赤信号になった場合、緊急車両とすれ違う際には回避行動をとっていただく。
課題 6	③ 10)	乗務員向け接近表示器や信号機が消灯している場合は、システムが故障を検知したか、メンテナンス中であることを示す。この場合は運行管理者の指示に従うものとする。
課題 7	⑤-1 1)	バーゲートは制御できないため、専用の鍵（全バーゲート共通鍵）で解錠し、手動で開放する。
課題 8	⑤-1 2)	乗務員用接近表示や信号が消灯し動かないため、停留所および待避所にて目視にてバスを運行する。

表 7-3 その他の課題

No.	課題
課題 9	自動運転車両のセンサの死角、およびセンサ検知範囲以遠に存在する他の車や人等は検知できないため、運転速度抑制など自動運転車両の運転に制限を掛けざるを得ない状況が生じると思われる。
課題10	監視カメラやドライブレコーダーによる映像記録だけでは、万一の場合になぜそのような状況になったかの調査に必要な情報が不足している可能性がある。 例) バーゲートが開かない事象が発生した場合、機械的な問題か、あるいは車両を検知していなかったのか、など、映像記録だけでは判断しにくい。

## 2) 現状課題対策案検討

### ●課題 1

バーゲートに近づいてもゲートが開かず、本体上部のランプが点灯していない場合、RFID タグのボタンを長押ししてゲートを開ける。RFID タグのボタン長押しによるゲート開は、RFID タグの無線電波が届くゲートを全て開く。

#### ○対策

ループコイルと RFID タグによる検知が正しく行われていないことが推測される。別の方法を併用して位置検知の確実性を向上させるか、自動運転車両から開要求を行うかの対策が有効であると考ええる。

#### 案 1：GPS 情報を活用する

既存設備側に新設するクラウドが自動運転車両から GPS の緯度経度情報を取得し、バーゲートの位置情報と突合することでバーゲート付近に自動運転車両が存在することを検知し、バーゲートを開動作する。

#### 案 2：自動運転車両からバーゲート開要求を取得する

既存設備側に新設するクラウドが自動運転車両からバーゲート開要求を取得し、バーゲートを開動作する。

#### 案 3：自動運転車両と RFID タグを物理的に接続する

自動運転車両と RFID タグを物理的に接続し、自動運転車両から RFID タグのボタンを押下したと同様の信号を RFID へ与えることでバーゲートを開動作する。

### ●課題 2

RFID タグのボタンを長押ししてもゲートが開かない場合は、運用管理者などが管理しているバーゲート専用の鍵を使用して、手動でバーを上げる。

#### ○対策

バーゲートの開閉状況を把握する機能を追加する。

その上で、課題 1 の案 1 から 3 の対策と組合せ、開要求を行ったにもかかわらずバーゲートが開かない場合に、運行管理者へ警告を発報する機能を追加する。

### ●課題 3

自車または対向車が乗務員向け接近表示器の信号の状態を見落とした場合、鉢合わせになるため十分注意して通行する。

#### ○対策

信号見落としの他、確認時は青でありながら、単線区間へ進入するまでに赤に切り替わることで信号見落としと同様の状況となる。初期表示を青から赤に変更することで、見落としを防止する。

●課題4

RFID タグを検出できなかった場合も、信号を正しく制御できていない可能性があるので、十分注意して通行する。

○対策

課題3の対策と同様、初期表示を赤にすることで対策する。初期表示が赤になれば、課題4が発生した場合は赤が表示し続けられることとなり、鉢合わせ等の事象にいたることを防止できる。合わせて、任意時間以上車両の位置状態が変化しない場合に検知不良が発生していることを運行管理者へ伝えるため、運行管理者へ警告を発報する機能を追加する。

●課題5

閉塞区間進入後に赤信号になった場合、緊急車両とすれ違う際には回避行動をとっていただく。

○対策

課題3の対策と同様、初期表示を赤にする。合わせて、緊急車両が進入した場合は単線区間にバスが存在しない場合は赤と青を点灯するように、単線区間にバスが存在する場合は赤を点灯するように変更する。バスは赤および赤青点灯時は単線区間へ進入しない、緊急車両は赤点灯時は進入せず赤青点灯時は進入する運用にする。

●課題6

乗務員向け接近表示器や信号機が消灯している場合は、システムが故障を検知したか、メンテナンス中であることを示す。この場合は運行管理者の指示に従うものとする。

○対策

案1：各種インフラの稼働状況を自動運転車両へ提供する

乗務員用信号機、バーゲート、制御装置の稼働状況を収集し、新設するクラウドから自動運転車両へ稼働状況を提供し、自動運転車両が稼働状況“異常”を受信した際は、最寄りの停留所、バーゲート、停止線で停止し、救援を待つ。

案2：案1＋サーバやAD車両の稼働状況を受信し乗務員用信号への制御に反映

案1に加え、遠隔運転支援サーバおよびAD車両の稼働状況を新設するクラウドで受信し、乗務員用信号等への制御へ反映する。

●課題7

バーゲートは制御できないため、専用の鍵（全バーゲート共通鍵）で解錠し、手動で開放する。

○対策

課題6の対策と同様の対策を行う。

●課題8

乗務員用接近表示や信号が消灯し動かないため、停留所および待避所にて目視にてバスを運行する。

○対策

課題6の対策と同様の対策を行う。

●課題9

自動運転車両のセンサの死角、およびセンサ検知範囲以遠に存在する他の車や人等は検知できないため、運転速度抑制など自動運転車両の運転に制限を掛けざるを得ない状況が生じると思われる。

○対策

BRT専用道と交差する一般道上の移動体をLiDAR等のインフラセンサで検知した場合、新設するクラウドを介して自動運転車両へ減速要請を送信する機能を追加する。また、路側に非常通知ボタンを設置し、非常通知ボタンが操作された場合、新設するクラウドを介して自動運転車両へ停止要請を送信する機能と、安全確認後に非常通知を解除する機能を追加する。

案1：V2Iで信号を伝送する

LiDARが物体を検知しているか否かの信号を、遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へV2Iで提供する。

案2：V2Xで信号を伝送する

LiDARが物体を検知しているか否かの信号を、遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へV2Xで提供する。自動運転車両のセンサ検知範囲以遠の情報を提供して先読み制動することで、急制動することなく緩制動となり、安全性の向上を図る。

案3：V2I+V2Xで信号を伝送する

LiDARが物体を検知しているか否かの信号を、遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へV2I、V2Xで提供する。案1の即時性のメリットと、案2の先読み制動のメリットの双方を得られる。

案4：非常通知ボタンと乗務員用信号の連携

非常通知ボタンが操作された場合、全ての乗務員用信号の灯色を“赤”にし、青には切り替えない。

案5：非常通知ボタンとサーバ・自動運転車両の連携

非常通知ボタンが操作されたことを、遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へ通知する。

案6：案4＋案5

非常通知ボタンが操作された場合、全ての乗務員用信号の灯色を“赤”にし、青には切り替えないとともに、非常通知ボタンが操作されたことを、遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へ通知する。

●課題10

監視カメラやドライブレコーダーによる映像記録だけでは、万一の場合になぜそのような状況になったかの調査に必要な情報が不足している可能性がある。

例) バーゲートが開かない事象が発生した場合、機械的な問題か、あるいは車両を検知していなかったのか、など、映像記録だけでは判断しにくい。

○対策

案1：既設サーバにストレージを追加する

遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へ提供する情報を任意期間蓄積するストレージを、既設サーバへ追加する。

案2：サーバや自動運転車両へ提供する情報をクラウドに蓄積する

遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へ提供する情報を、クラウド上に任意期間蓄積する。

(2) 自動運転バスの導入を想定した運用検討

「ひたち BRT システム」におけるインフラ情報の伝送による連携を検討するにあたり、現状の課題への対策案の検討を行い、その案を実現するために必要な既存設備の改修要件を検討した。

1) 現状課題把握

現状のひたち BRT の運行状況の観察から、下記の課題を抽出した。

- ① 単線鉢合わせ
- ② 水木交差点の北側バーゲート動作開始のタイミング

① 単線鉢合わせ

ひたち BRT は停留所や一部待避所でしか対向車との交換が行えないため、対向車が存在する場合は単線区間に進入しないよう乗務員用信号機で制御しているが、実際の運用では単線区間での鉢合わせが発生している。鉢合わせが生じた場合は双方の乗務員同士が無線機等で連携し鉢合わせを解消する運用を行っている。自動運転になった場合はこの連携による解消が行えないため、単線鉢合わせを生じさせない対策が必要になる。

## ② 水木交差点の北側バーゲート動作開始のタイミング

水木交差点では、交差点で警察設置の道路信号を待っている状態でゲートを開けてしまうと、一般車が BRT 専用道へ誤進入するリスクが高くなるため、道路信号が青になるまでバーゲートを開けないとの要件があった。このため、水木交差点の北側バーゲートは 1 m 程度手前まで車両が接近しないと作動せず、自動運転にとって課題となることが判明した。

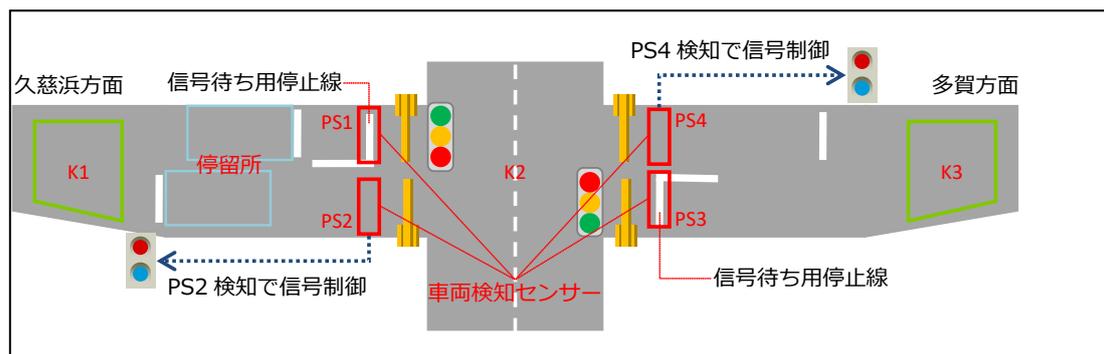


図 7-33 水木交差点の信号切替とバーゲート動作開始タイミング

## 2) 現状課題対策案検討

現状課題把握で抽出した下記の課題に対し、対策を検討する。

### ① 単線鉢合わせ

- ①-1 速度超過による車載タグの検知不良
  - ①-2 信号が変わるタイミング
  - ①-3 タグによる信号切り替え用位置検知のタイミング
- ② 水木交差点の北側バーゲート動作開始のタイミング

### ① 単線鉢合わせ

- ①-1 速度超過による車載タグの検知不良

自動運転化により、予め設定した速度での運転が徹底されるものと推測されることから、速度超過による車載タグの検知不良の発生可能性は低いと想像され、本事項への対策は不要と考える。

①-2 信号が変わるタイミング

乗務員用信号の初期表示色を現行の青から赤に変更し、単線区間の通行権を取得できた場合に青にする制御とすることで、信号見落としによる鉢合わせの発生を抑制する。

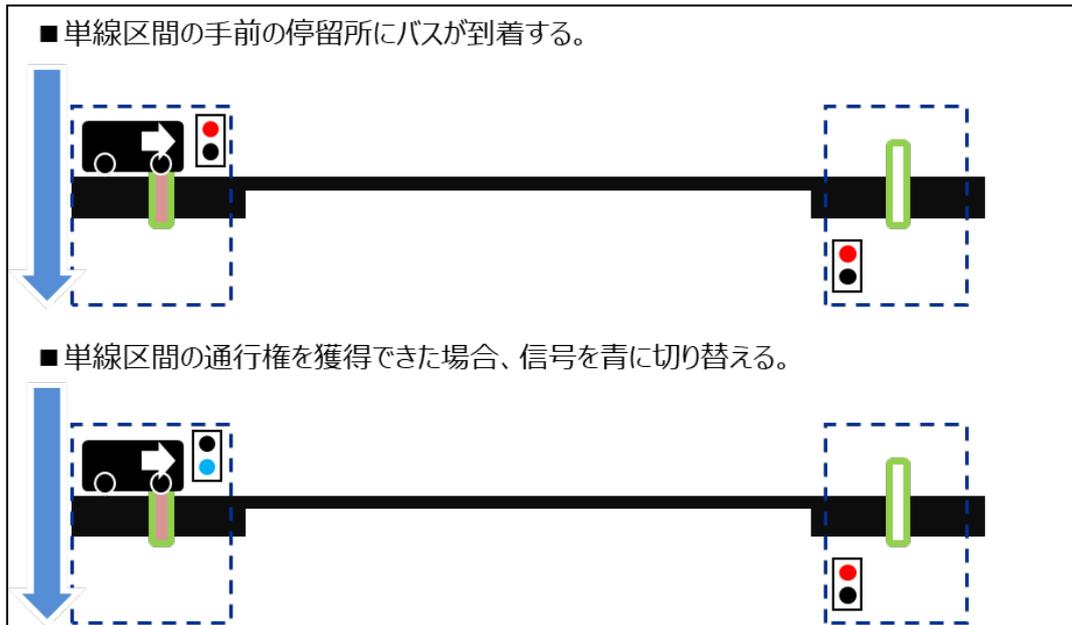


図 7-34 初期表示色を赤にした場合のすれ違い支援イメージ

①-3 タグによる信号切り替え用位置検知のタイミング

“①-2 信号が変わるタイミング”の課題対策で乗務員用信号の初期表示を赤に変更する場合は、同時に本件も解消される。

①-2の対策を実施せず、乗務員用信号の初期表示を青のままとする場合は、信号制御区間の見直しにより対策する。

② 水木交差点の北側バースト動作開始のタイミング

案1から案3が考えられる。

案1：自動運転車両側で対応する

自動運転車両がバーストの開閉を認識し、バーストが降りている場合はバーストの手前1mに停車、バーストが開いた後に交通信号が青であることを確認して出発できることが前提。この場合、インフラ側での対策は不要。交通信号待ちの間もバーストが開いたままとなるため、BRT専用道へ一般車が誤進入するリスクは高まる。

案2：バーストの開時間を長くする

車両をセンサで検知するのではなく、手前のループコイルで車両検知したタイミングでバーストを開ける。バースト解放時間が長くなり、一般車がBRT専用道へ誤進入する可能性は高まる。この案においてもバーストが開いた後に交通信号が青であることを確認して出発できることが前提となる。

案3：対になっているバーストを時間差で動作させる

車両を検知して任意時間後に進行方向手前のバーストを開け、そこから更に任意時間後に進行方向奥のバーストを開ける。この案においてもバーストが開いた後に交通信号が青であることを確認して出発できることが前提となる。

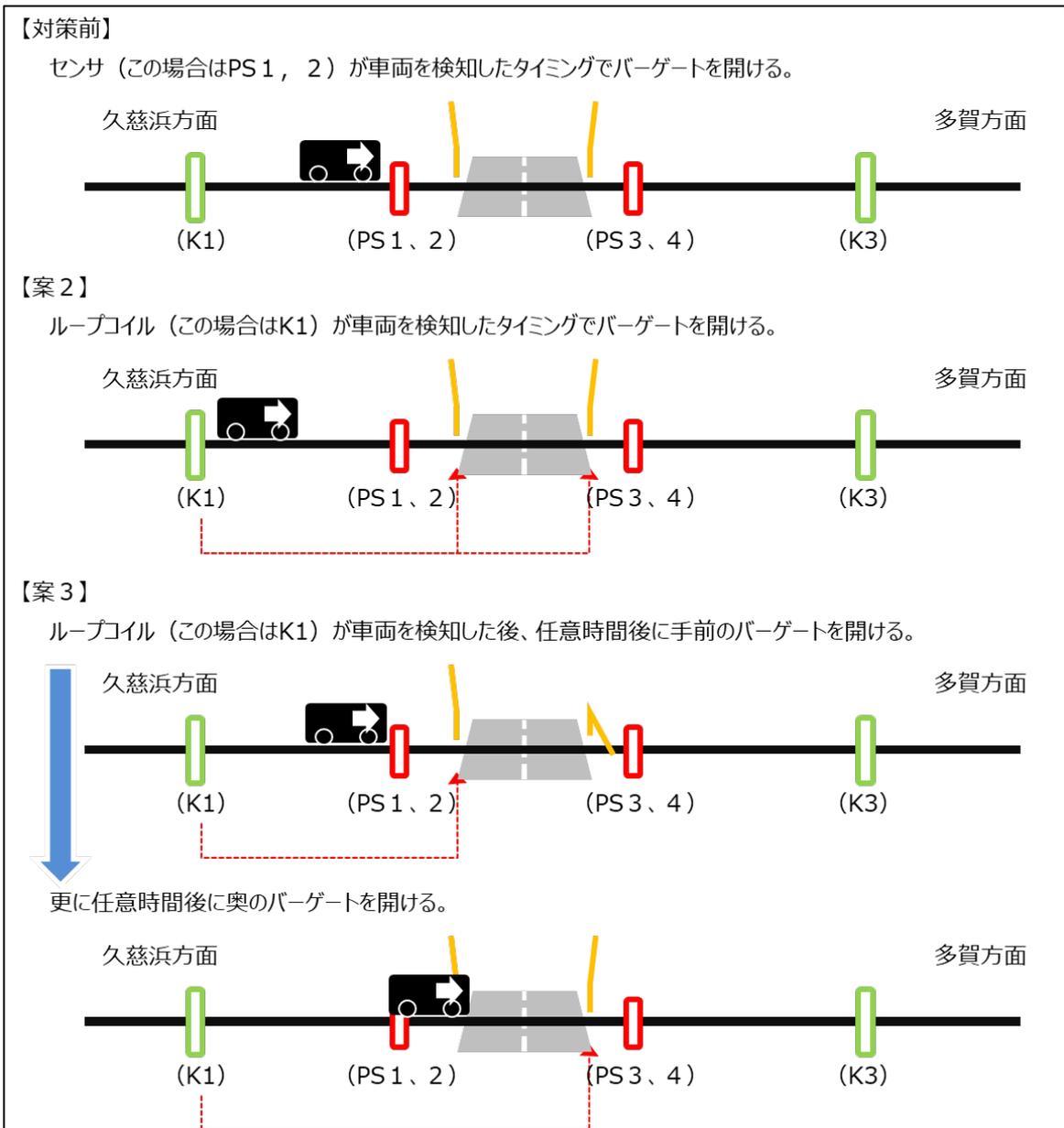


図 7-35 水木交差点の北側バーゲート動作開始のタイミング変更のイメージ

### 3) 改修要件案検討

前項迄の検討結果として、以下の要件を検討した。

表 7-4 改修要件案一覧 (1)

No.	要求元項番	要件
1-1	6.2.2 課題 1	案 1 既存設備側に新設するクラウドが自動運転車両からGPSの緯度経度情報を取得し、バーゲートの位置情報と突合することでバーゲート付近に自動運転車両が存在することを検知し、バーゲートを開動作する。
1-2	6.2.2 課題 1	案 2 既存設備側に新設するクラウドが自動運転車両からバーゲート開要求を取得し、バーゲートを開動作する。
1-3	6.2.2 課題 1	案 3 自動運転車両とRFIDタグを物理的に接続し、自動運転車両からRFIDタグのボタンを押下したと同様の信号をRFIDへ与えることでバーゲートを開動作する。
2	6.2.2 課題 2	バーゲートの開閉状況を把握する機能を追加する。 その上で、課題 1 の案 1 から 3 の対策と組合せ、開要求を行ったにもかかわらずバーゲートが開かない場合に、運行管理者へ警告を発報する機能を追加する。
3	6.2.2 課題 3、4、5 6.2.3 ①-2、①-3	初期表示を青から赤に変更する。
4	6.2.2 課題 4	任意時間以上車両の位置状態が変化しない場合に検知不良が発生していることを運行管理者へ伝えるため、運行管理者へ警告を発報する。
5	6.2.2 課題 5	緊急車両が進入した場合は単線区間にバスが存在しない場合は赤と青を点灯するように、単線区間にバスが存在する場合は赤を点灯するように変更する。バスは赤および赤青点灯時は単線区間へ進入しない、緊急車両は赤点灯時は進入せず赤青点灯時は進入する運用にする。
6-1	6.2.2 課題 6、7、8	案 1 乗務員用信号機、バーゲート、制御装置の稼働状況を収集し、新設するクラウドから自動運転車両へ稼働状況を提供する。
6-2	6.2.2 課題 6、7、8	案 2 案 1 に加え、遠隔運転支援サーバおよびAD車両の稼働状況を新設するクラウドで受信し、乗務員用信号等への制御へ反映する。
7-1	6.2.2 課題 9 インフラセンサ連携	案 1 LiDARが物体を検知しているか否かの信号を、遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へV2Iで提供する。
7-2	6.2.2 課題 9 インフラセンサ連携	案 2 LiDARが物体を検知しているか否かの信号を、遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へV2Xで提供する。
8	6.2.2 課題 9 インフラセンサ連携	LiDARが物体を検知しているか否かの信号を、遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へV2I、V2Xで提供する。

表 7-5 改修要件案一覧 (2)

No.	要求元項番	要件
9-1	6.2.2 課題9 インフラセンサ 連携	案1 非常通知ボタンが操作された場合、全ての乗務員用信号の灯色を“赤”にし、青には切り替えない。別途要件3を実施した場合は、青に切り替えない処理だけ追加する。
9-2	6.2.2 課題9 インフラセンサ 連携	案2 非常通知ボタンが操作されたことを、遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へ通知する。
9-3	6.2.2 課題9 インフラセンサ 連携	案3 非常通知ボタンが操作された場合、全ての乗務員用信号の灯色を“赤”にし、青には切り替えないとともに、非常通知ボタンが操作されたことを、遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へ通知する。
10-1	6.2.2 課題10	案1 遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へ提供する情報を任意期間蓄積するストレージを、既設サーバへ追加する。
10-2	6.2.2 課題10	案2 遠隔運転支援サーバおよび自動運転車両へ提供する情報を、クラウド上に任意期間蓄積する。
11	6.2.3 ①-3	I期区間への対策として、停留所のループコイルで車両検知する方法から、一つ手前のループコイルで車両検知する方法へ変更する。 別途要件3を実施する場合は本対策は不要。
12-1	6.2.3 ②	案1 自動運転車両側で対応する 自動運転車両がバーゲートの開閉を認識し、バーゲートが降りている場合はバーゲートの手前1mに停車、バーゲートが開いた後に交通信号が青であることを確認して出発可能とする。別途要件1-1、1-2、1-3のいずれかを実施した場合は本対策は不要。
12-2	6.2.3 ②	案2 車両をセンサで検知するのではなく、手前のループコイルで車両検知したタイミングでバーゲートを開ける。別途要件1-1、1-2、1-3のいずれかを実施した場合は本対策は不要。
12-3	6.2.3 ②	案3 車両を検知して任意時間後に進行方向手前のバーゲートを開け、そこから更に任意時間後に進行方向奥のバーゲートを開ける。別途要件1-1、1-2、1-3のいずれかを実施した場合は本対策は不要。

#### 4) 既存機器改修方法検討

各改修要件について、既存の機器の改修方法の検討結果、各案のコスト比較、メリット、デメリットの整理を行った。

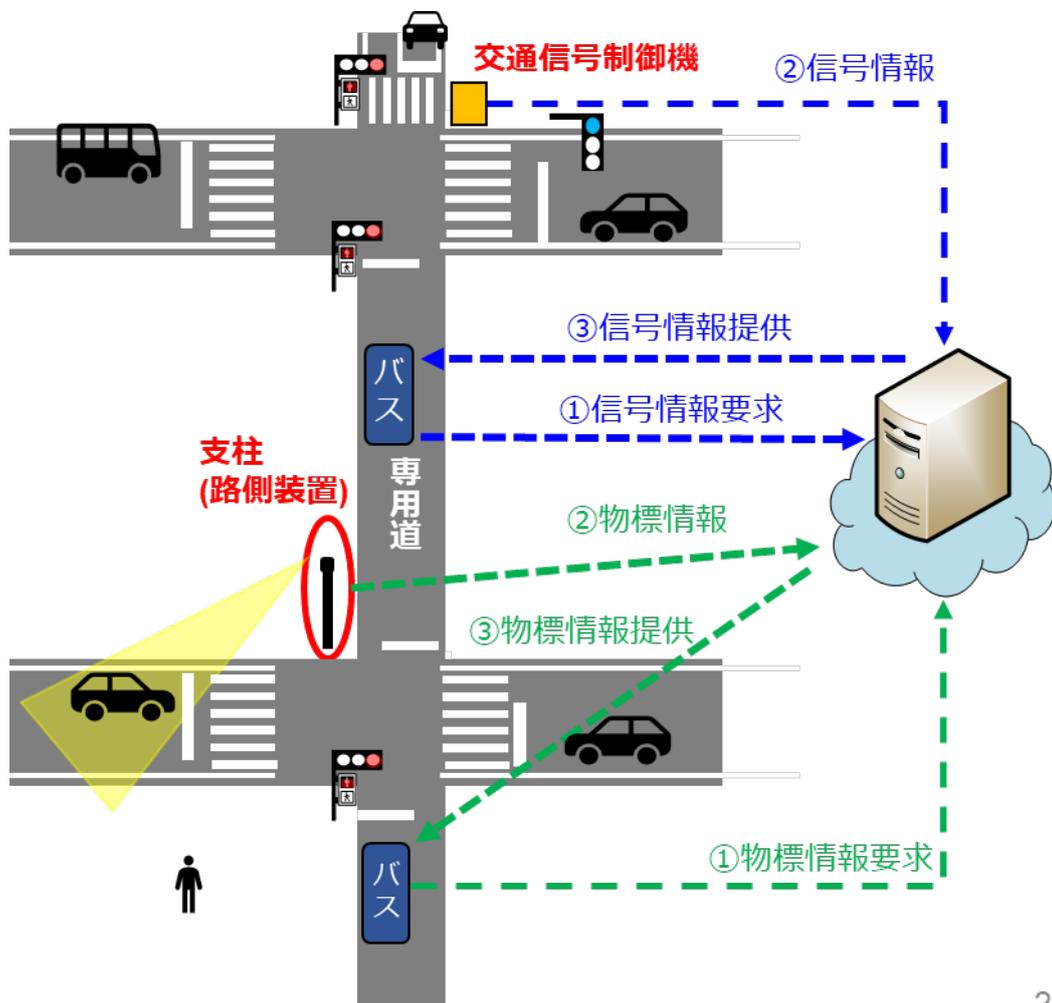
### 7.1.5. 交差点部でバスが安全に走行するための取組みの実施

#### (1) インフラ連携の手法の検討

##### 1) 信号情報提供

ひたち BRT でのインフラ連携の手法である信号情報連携の構成・フローを図 6.1.5-1 に示す。図 6.1.5-1 に示すように信号情報連携は以下のフローにより、実施する。

- ① 自動運転バスは、情報要求を配信サーバに送信する。
- ② 交通信号制御機は、配信サーバを経由して信号情報を自動運転車両に送信する。
- ③ 自動運転車両は、交通信号制御機からの信号情報と車載センサで検出する灯色に基づき、出発・減速・停止を判断する。



2

図 7-36 インフラ連携の構成・フロー

##### 2) 物標情報提供

ひたち BRT でのインフラ連携の手法である物標情報提供の構成・フローを図 6.1.5-1 に示す。図 6.1.5-1 に示すように信号情報連携は以下のフローにより、実施する。

- ① 自動運転バスは、情報要求を配信サーバに送信する。
- ② 路側装置は、対向直進車両や右左折先の横断歩道等における一定範囲内の移動体を検出し、物標情報（位置、速度、移動方向等）を配信サーバ経由で自動運転車両に送信する。
- ③ 自動運転車両は、路側装置からの物標情報と車載センサで検出する物標情報に基づき、出発・減速・停止を判断する。

## (2) システム構成

信号情報連携、物標情報提供の各システム構成を図 6.1.5-2、図 6.1.5-3 に示す。

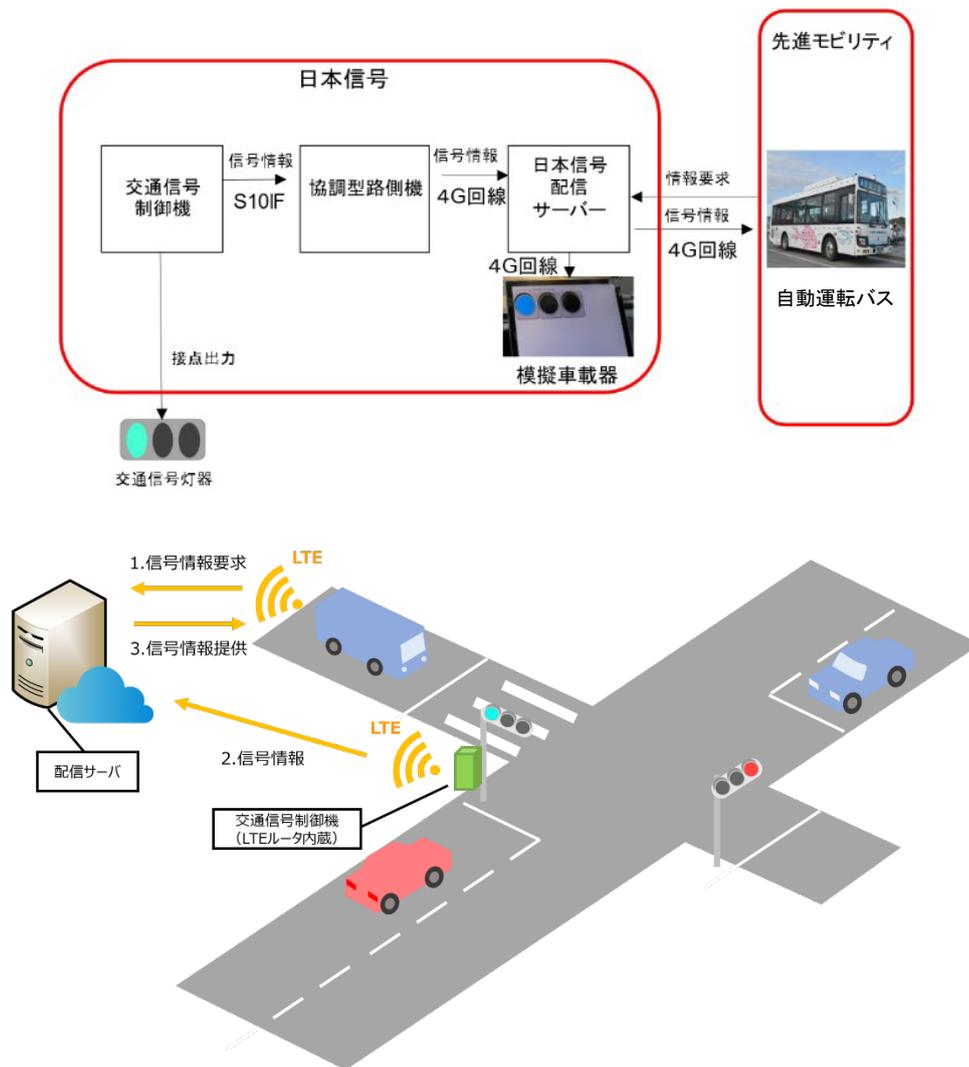
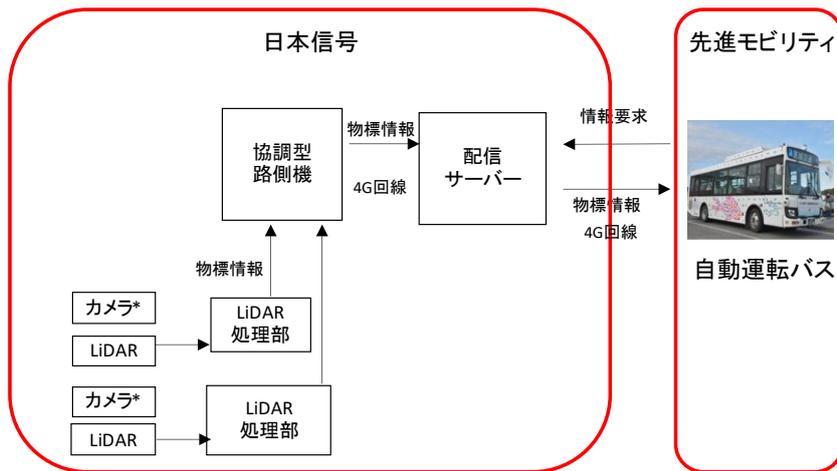


図 7-37 信号情報提供 システム構成（松山下団地入口交差点）



\*カメラはLiDARの精度確認用として映像取得の為に設置

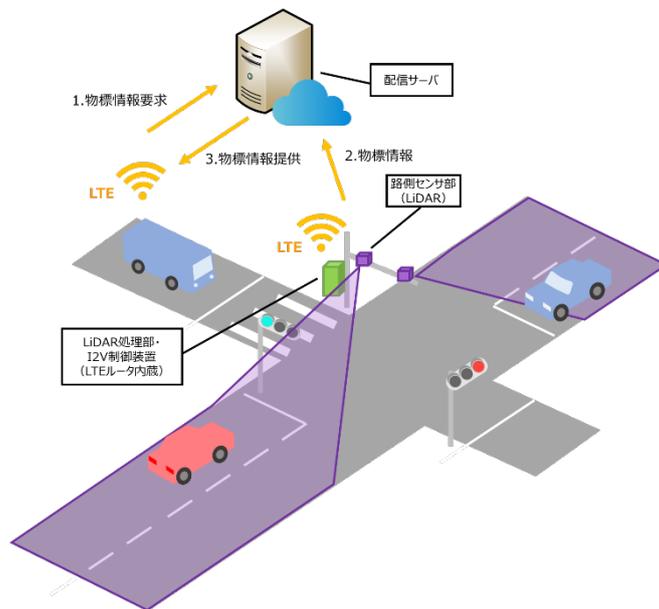


図 7-38 物標情報提供 システム構成

(3) インフラ連携実施に向けた準備

1) 現地状況の確認

航空写真により、物標情報提供の対象箇所とした磯坪及び南部図書館におけるカメラ及びLiDARの想定検知エリアの確認を行った。磯坪の確認結果を図 7-39～図 7-41、南部図書館の確認結果を図 7-42～図 7-44 に示す。カメラの設置高さはG.L.4.5mと仮定する。



図 7-39 磯坪におけるカメラ及び LiDAR の想定検知エリア



図 7-40 建柱位置から西向き of 想定検知エリア (カメラ高さ G.L.4.5m と仮定)



図 7-41 建柱位置から東向き of 想定検知エリア (カメラ高さ G.L.4.5m と仮定)

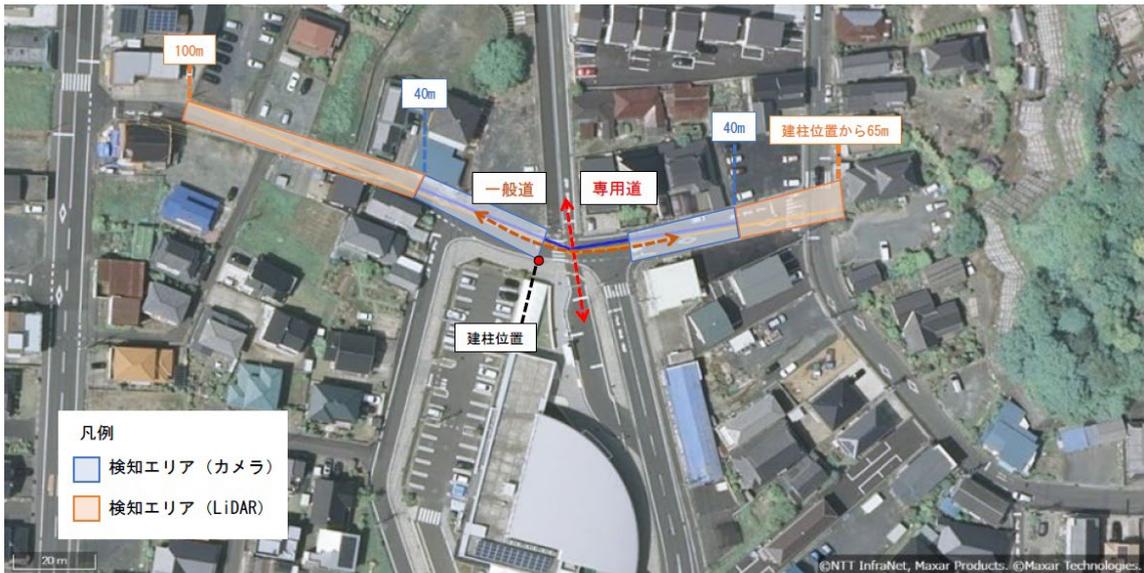


図 7-42 南部図書館におけるカメラ及び LiDAR の想定検知エリア



図 7-43 建柱位置から西向き of 想定検知エリア (カメラ高さ G.L.4.5m と仮定)



図 7-44 建柱位置から東向き of 想定検知エリア (カメラ高さ G.L.4.5m と仮定)

インフラ連携を行う 2 箇所のカメラ及び LiDAR の想定検知エリアを確認した結果、G. 交差道路の両端まで見通せることが可能といえる。

上記の結果より、建柱予定位置を図 6.1.5-1 及び図 6.1.5-3 に示す位置とした。

2) インフラ設置位置の検討

(A) 物標情報提供

ひたちBRT専用道区間の交差点（磯坪、南部図書館前）にて、自動運転バスの車両制御のサポートを目的としたセンサ取付用の柱の建柱を行う。建柱予定箇所は図 7-37 及び図 7-38 に示す位置とした。建柱位置の確定にあたって以下の要領で事前試掘を実施した。

a) 作業日時

令和4年12月22日（木）9時～17時30分

b) 試掘位置

磯坪交差点における事前試掘位置を図 7-45、南部図書館における事前試掘位置を図 7-46 に示す。

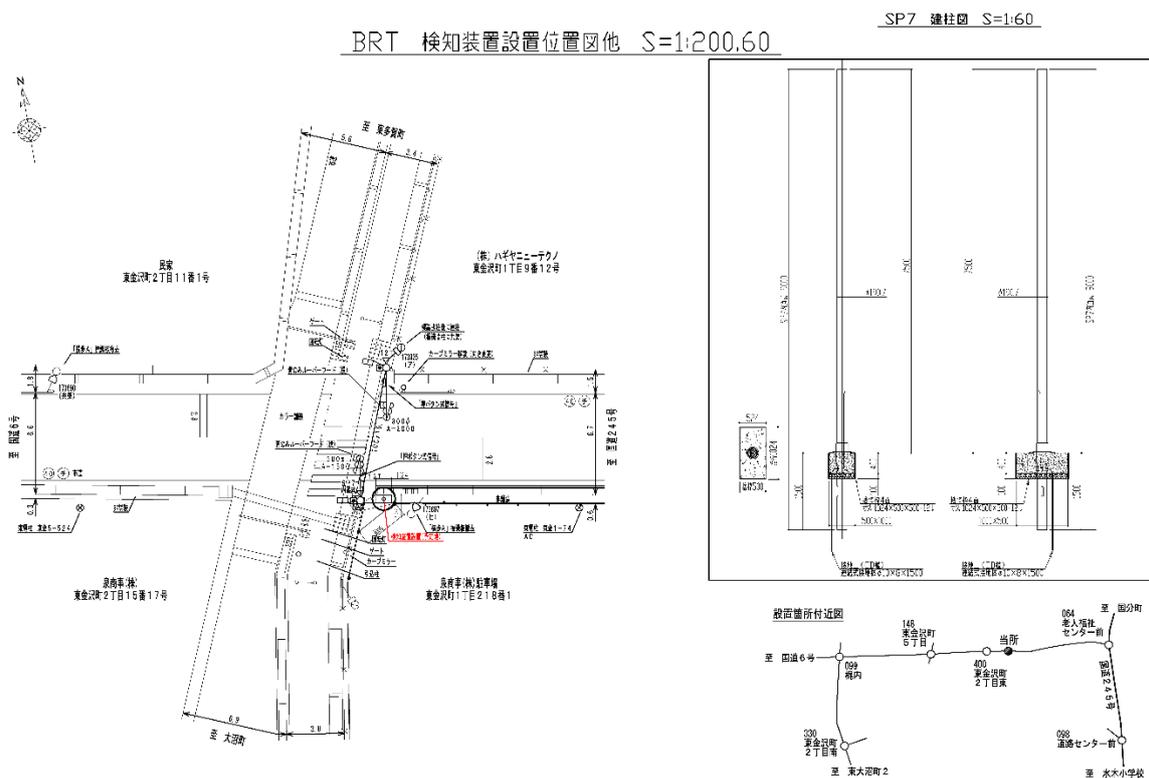


図 7-45 平面図（磯坪交差点試掘位置）

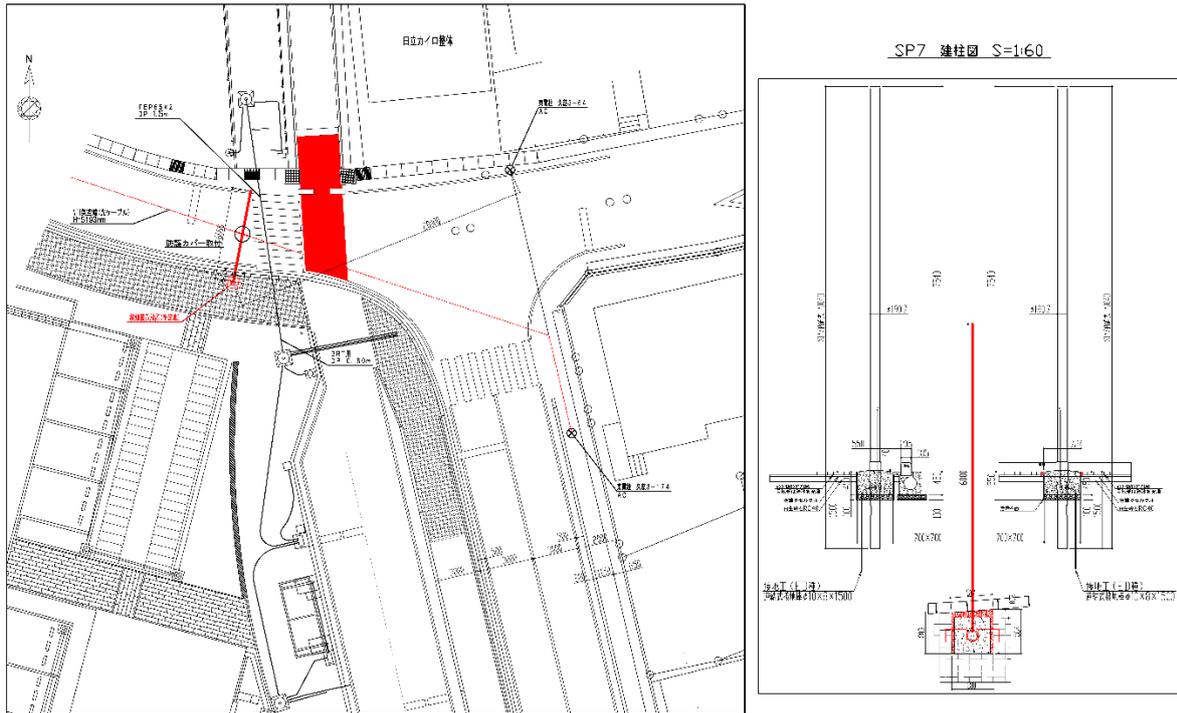


図 7-46 平面図（南部図書館試掘位置）

c) 道路占用期間

令和 4 年 12 月 22 日（木）～令和 5 年 3 月 31 日

d) 作業手順

事前試掘の作業手順および各作業の作業状況を以下に示す。

- 歩道規制
- 掘削
- 埋設物確認
- 埋戻し復旧
- 片付け
- 規制解除

e) 作業状況

各箇所における事前試掘作業の作業状況を図 6.1.5-13 及び図 6.1.5-14 に示す。



作業状況（磯坪）  
基礎部掘削完了②



作業状況（磯坪）  
柱部掘削完了



作業状況（磯坪）  
埋め戻し、転圧①



作業状況（礫坪）  
埋め戻し、転圧①



実施後  
試掘、復旧完了



図 7-47 試掘作業状況（礫坪）

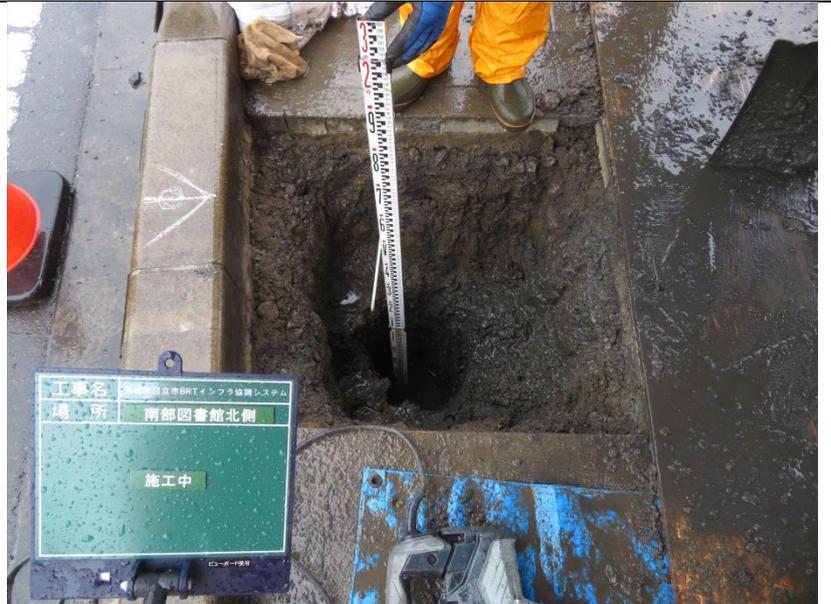
実施前（南部図書館）  
建柱位置



作業状況（南部図書館）  
基礎部掘削完了



作業状況（南部図書館）  
柱部掘削完了



作業状況（南部図書館）  
埋め戻し、転圧



作業状況（南部図書館）  
砕石転圧





図 7-48 試掘作業状況（南部図書館）

事前試掘の結果、磯坪、南部図書館ともに建柱予定位置に異常はなかったため、事前試掘位置を建柱位置として確定した。

### 3) 関係機関協議の実施

作業前に茨城交通へのバス専用道付近での作業実施の協議、日立市への道路占用許可、茨城県警（日立警察署）への道路使用許可の取得、協定書を締結し、了承を得た上で作業を行った。

#### 4) 実験機材の準備

##### (A) 信号情報提供

以下の要領により水木交差点の既設信号制御機器を一時撤去し、実証実験で実施する信号情報提供用の制御機器を取り付ける。

##### a) 作業日時

令和4年12月22日（木）13時～14時30分

##### b) 作業場所

水木交差点（松山下団地入口交差点）

##### c) 作業手順

信号制御器取替工事の作業手順を以下に示す。

- 歩道規制
- 制御機撤去準備
- 交通信号機滅灯
- 制御機撤去
- 制御機点灯
- 交通信号機点灯
- 試験調整等
- 片付け
- 規制解除

##### d) 作業状況

信号制御器取替工事の各作業の作業状況を以下に示す。

実施前  
信号制御器取替箇所



実施状況（水木）  
既設信号制御器撤去



実施状況（水木）  
交通誘導員の配置状況  
①



実施状況（水木）  
交通誘導員の配置状況  
②



実施状況（水木）  
新設信号制御器の設置





図 7-49 信号制御器取替工事作業状況

(B) 物標情報提供

事前試掘により確定した建柱位置に以下の要領によりセンサ取付用の柱を建柱し、カメラ及び LiDAR を所定の位置に取り付ける。

a) 作業日時

土工：令和 5 年 1 月 11 日（水）

電工：令和 5 年 1 月 18 日（水）、19 日（木）

9 時～17 時 30 分

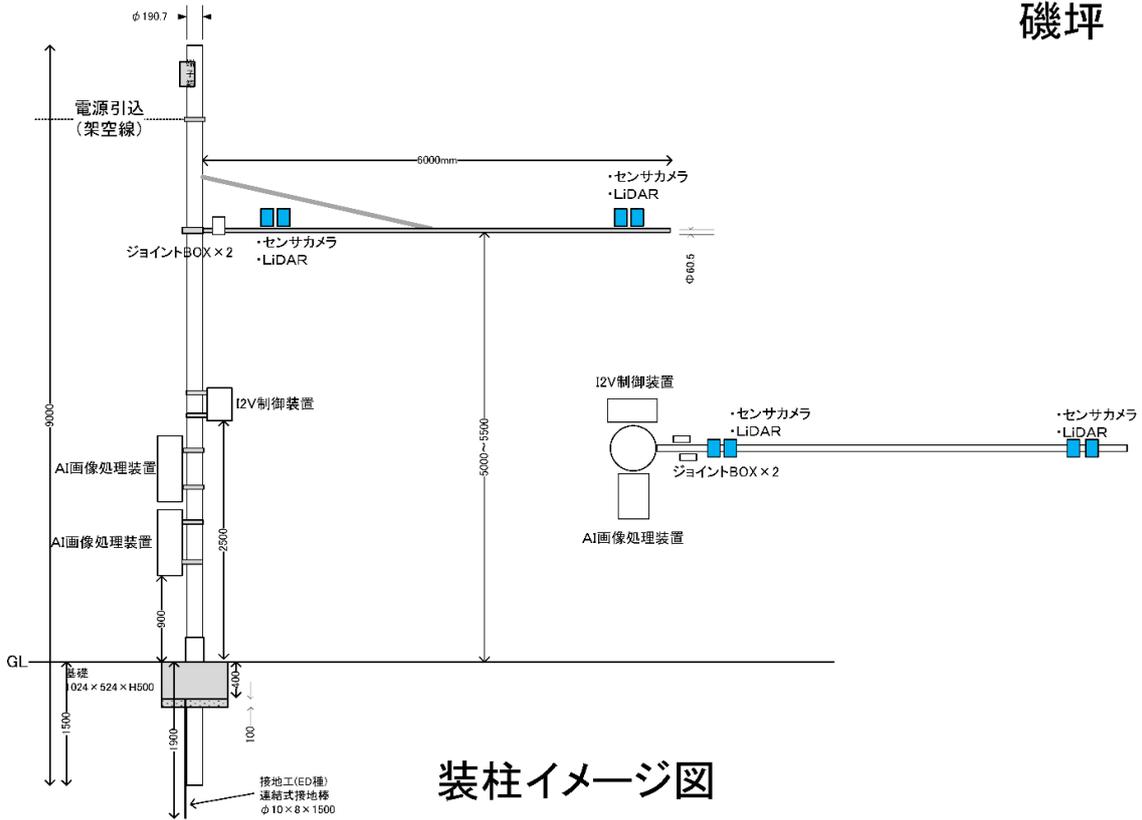
b) 占用物

- ・ 検知装置
- ・ 支柱：φ190.7mm、H=9,000mm、N=2 本
- ・ 支柱（張出部）φ60.5mm、H=6,000mm、N=2 本
- ・ センサカメラ W110×D200×H100mm、N=4 基
- ・ LiDAR W110×D200×H100mm、N=4 基

c) インフラ連携機器の構成

建柱する柱及びセンサの詳細を示す建柱図を図 7-50 及び図 7-51 に示す。

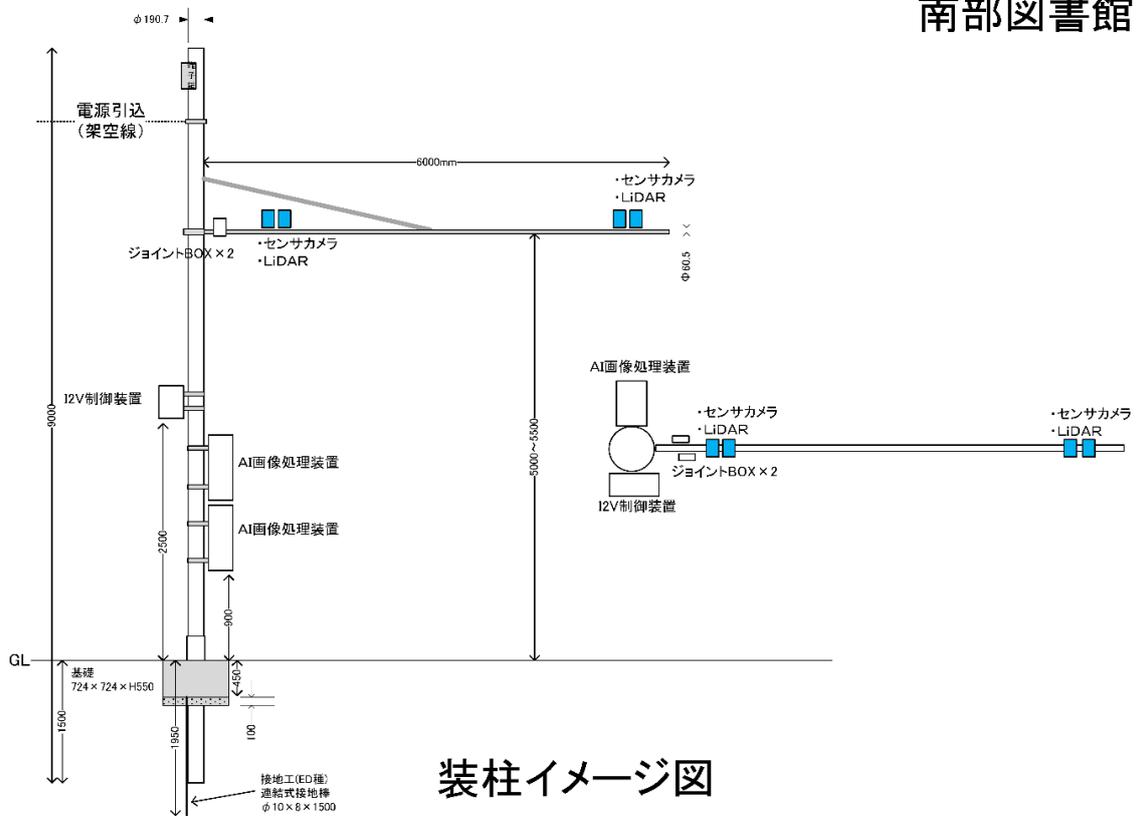
# 磯坪



装柱イメージ図

図 7-50 建柱図 (磯坪)

# 南部図書館



装柱イメージ図

図 7-51 建柱図 (南部図書館)

d) 作業手順

事前試掘の作業手順および各作業の作業状況を図 7-52 に示す。

- 片側交互通行
- 掘削
- 型枠設置
- 支柱建柱
- 生コン打設
- 養生
- 機器取付
- 片付け
- 規制解除

e) 作業状況

各箇所における建柱作業の作業状況を図 6.1.5-20 及び図 6.1.5-21 に示す。



作業状況（磯坪）  
掘削



作業状況（磯坪）  
砕石・型枠・柱設置



作業状況（磯坪）  
コンクリート打設



作業状況（磯坪）  
基礎養生



作業状況（磯坪）  
装柱



実施後（磯坪）  
コンクリート基礎



実施後（磯坪）  
制御器、画像処理装置



実施後（磯坪）  
柱、カメラ、LiDAR



図 7-52 建柱作業状況（磯坪）

実施前（南部図書館）  
全体



実施前（南部図書館）  
建柱位置



作業状況（南部図書館）  
掘削



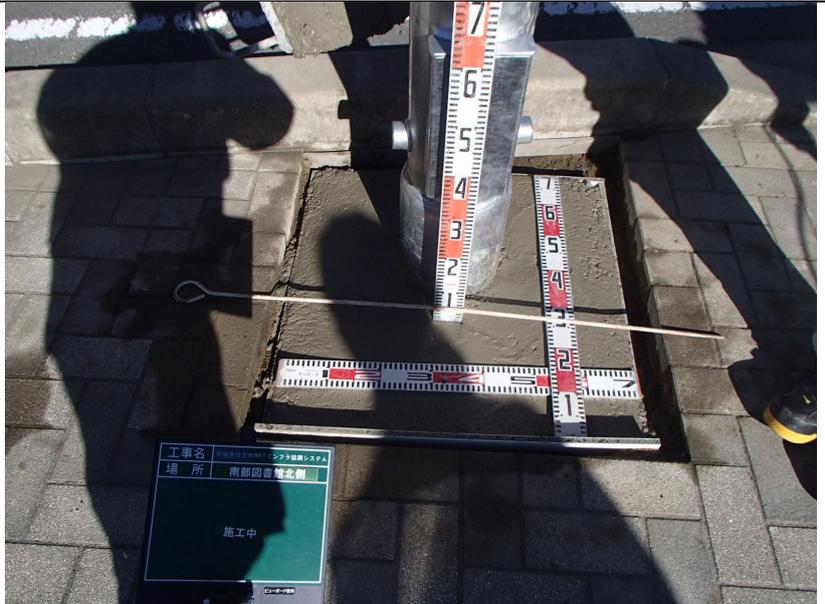
作業状況（南部図書館）  
砕石・柱設置



作業状況（南部図書館）  
型枠設置



作業状況（南部図書館）  
基礎設置



作業状況（南部図書館）  
コンクリート打設



作業状況（南部図書館）  
養生



作業状況（南部図書館）  
装柱



作業状況（南部図書館）  
カメラ、LiDAR 設置



実施後（南部図書館）  
基礎





図 7-53 建柱作業状況（南部図書館）

f) 設置位置の調整

機器取付の際に 1) で検討した視認範囲を監視できているか映像を確認し、カメラ設置位置の調整を行う。最終的に確定した設置位置での監視映像を以下に示す。



図 7-54 カメラテスト結果（礎坪、建柱位置から西向き）



図 7-55 カメラテスト結果（礎坪、建柱位置から東向き）

5) インフラ連携走行調査の計画

インフラセンサの有無により自動運転バスが円滑に走行するサンプルを取得するため、TTC（Time-to-Collision※）の概念に着目し走行調査を行った。

(4) インフラ連携の実施

1) インフラ側の精度検証項目

検証項目を表 7-6 に示す。

表 7-6 検証項目

項番	検証項目		検証内容
1	信号情報	信号情報認識誤差	実灯色切替わりと車両側（模擬車載器）で受信する信号情報の時間的誤差が±300ms 以内*1 に収まっているか確認する。 *1：日本自動車工業会要求値
2	信号情報	信号情報配信結果	情報配信回数、データ欠損等発生度を確認する。
3	物標情報	位置誤差	GPS 搭載車両の位置情報を真値として、物標情報の位置誤差が±1m 以内*2 に収まっているか確認する。 *2：自動運転バス要求値
4	物標情報	速度誤差	GPS 搭載車両の速度情報を真値として、物標情報の速度誤差が±1km/h 以内*2 に収まっているか確認する。 *2：自動運転バス要求値
5	物標情報	未検出率	カメラ映像を真値として、LiDAR の物標情報と突合し、LiDAR が物標を漏れなく検出できているかを確認する。
6	物標情報	識別率	カメラ映像を真値として、LiDAR の物標情報と突合し、LiDAR が歩行者、二輪車、普通車、大型車を正常に識別できているかを確認する。
7	物標情報	遅延時間	車両の通信を模擬するアプリケーションを用いて物標情報の遅延時間の計測し、300ms 以内*2 で表示できるかを確認する。 *2：自動運転バス要求値

2) インフラ側の精度検証方法

(A) 信号情報

a) 信号情報認識誤差

信号情報提供の評価指標は表示誤差とした。

松山下団地入口交差点において、実際の灯器に表示されている灯色と、模擬車載器上に表示される灯色の表示をビデオ撮影し、灯色の切替り時にどれだけの差（誤差）が生じるかを計測した。（図 7-56）

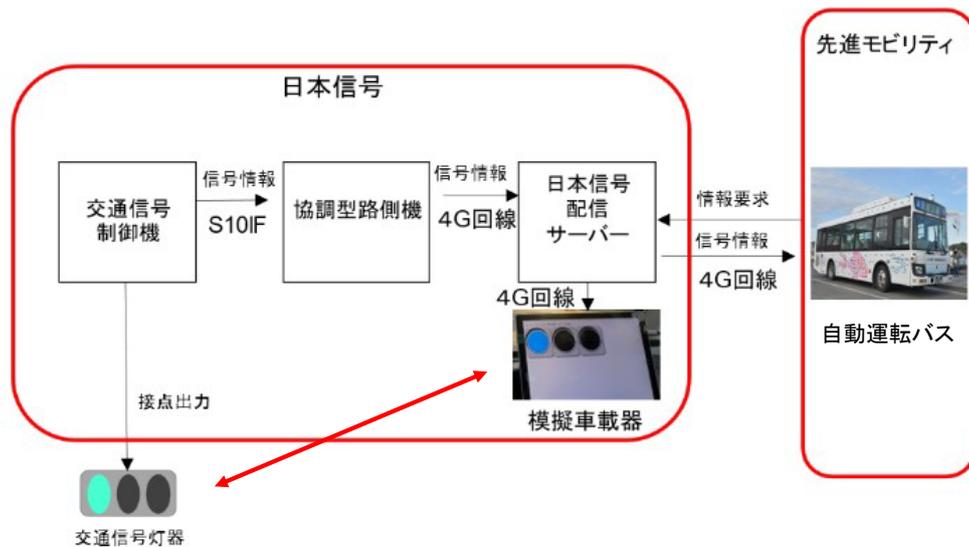


図 7-56 信号情報認識誤差の検証

(B) 物標情報

a) 位置誤差

磯坪停車場北交差点、南部図書館北交差点において、GPS を搭載した車両を走行させ、車両に搭載した GPS での緯度・経度の測位データを真値とし、LiDAR における同車両を検出した緯度・経度のデータとで比較した。

また、参考として、検出エリアを設定しない場合(LiDAR の実力値として)は、手前約 5m から 150m 程度まで検出可能である。

b) 未検出率／識別率

磯坪停車場北交差点、南部図書館北交差点において、LiDAR 横にカメラを設置し、カメラの映像を真値とし、カメラ映像と LiDAR で計測したデータを比較し、LiDAR での未検出率及び識別率を検証した。

3) インフラ側の精度検証結果

(A) 信号情報

a) 信号情報認識誤差

2023 年 2 月 11 日に模擬車載器にて計測した表示誤差を表 7-7 に示す。動画のフレームレートは 60fps である。

※60fps の場合、 $1(\text{秒}) \div 60 = 0.016(\text{秒})$ 、16ms の精度誤差が生じる計算となるが精度誤差は考慮していない。

※表示誤差の数値は絶対値である。

検証結果を表 7-7 に示す。

表 7-7 松山下団地入口交差点（主道路）表示誤差（単位：ms）母数 13 回

現示	最大値	最小値	平均誤差	標準偏差
青⇒黄	53	14	32	13.36
黄⇒赤	67	0	17	21.33
赤⇒青	96	0	17	25.52

b) 信号情報配信結果

2023年2月8日から2月28日の内、15日間信号情報の配信を行った。結果を表7-8に示す。

表 7-8 松山下団地入口交差点 信号情報配信結果

日付	提供回数(走行回数)	平均提供時間(秒/1走行あたり)	送信抜け時間(最大)	送信抜け時間(合計)	送信抜け割合
2月8日	2	49	0	0	0.00%
2月9日	18	142	1	1	0.04%
2月10日	12	69	0	0	0.00%
2月13日	12	76	1	1	0.11%
2月14日	15	51	1	1	0.13%
2月15日	14	100	0	0	0.00%
2月16日	11	89	2	3	0.31%
2月17日	14	63	0	0	0.00%
2月20日	12	125	0	0	0.00%
2月21日	13	81	0	0	0.00%
2月22日	20	43	0	0	0.00%
2月24日	16	76	0	0	0.00%
2月25日	1	3	0	0	0.00%
2月27日	16	79	0	0	0.00%
2月28日	20	291	1	4	0.07%

表 7-9 松山下団地入口交差点 信号情報配信結果全体集計

合計提供回数	全体平均提供時間(秒/1走行あたり)	送信抜け時間(最大)	送信抜け時間(合計)	送信抜け割合
196	103	2	10	0.0004%

(B) 物標情報

a) 位置誤差

2月11日に磯坪停車場北交差点にてGPSを搭載した車両を5回走行させ、車載GPSとLiDARの緯度・経度の誤差を計測した。

磯坪停車場北交差点海側の位置誤差を図7-57及び表7-10に、磯坪停車場北交差点山側の位置誤差を図7-58及び表7-11に示す。

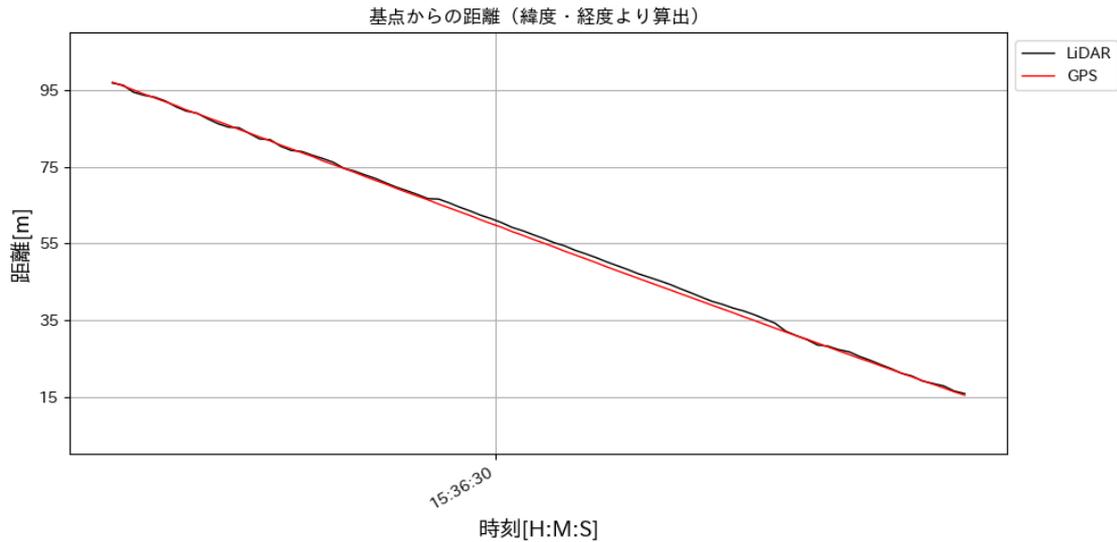


図 7-57 磯坪停車場北交差点海側 位置誤差(一例)

表 7-10 磯坪停車場北交差点海側 位置誤差(5回分の誤差の集計)(単位 : m)

最大誤差	最小誤差	平均	標準偏差
2.3	0	0.6	0.4

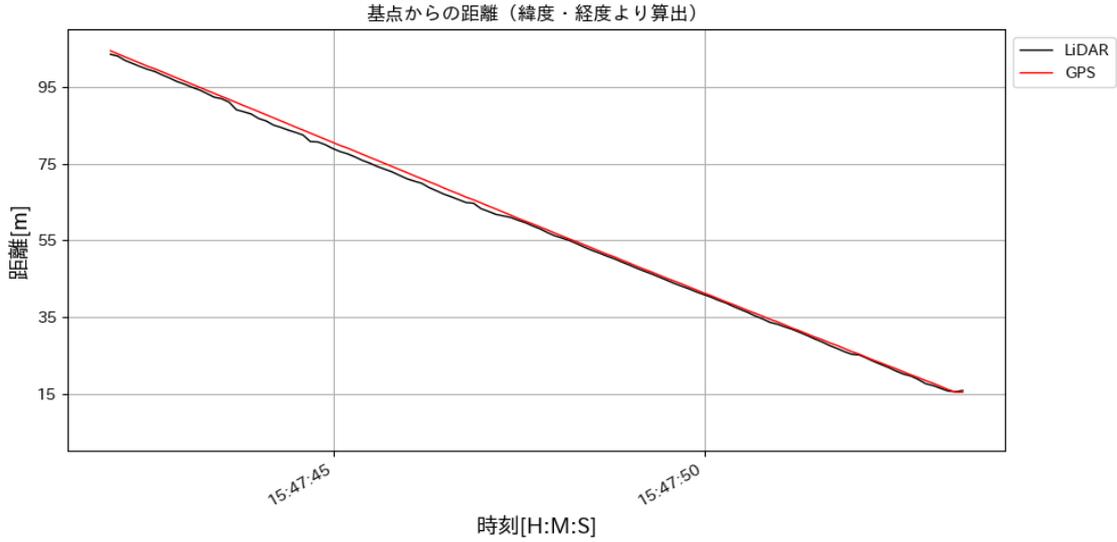


図 7-58 磯坪停車場北交差点山側 位置誤差(一例)

表 7-11 磯坪停車場北交差点山側 位置誤差(5 回分の誤差の集計) (単位 : m)

最大誤差	最小誤差	平均	標準偏差
2.9	0	0.9	0.6

b) 速度誤差

2月11日に磯坪停車場北交差点にてGPSを搭載した車両を5回走行させ、車載GPSとLiDARの速度誤差を計測した。

磯坪停車場北交差点海側の位置誤差を図7-59及び表7-12に、磯坪停車場北交差点山側の位置誤差を図7-60及び表7-13に示す。

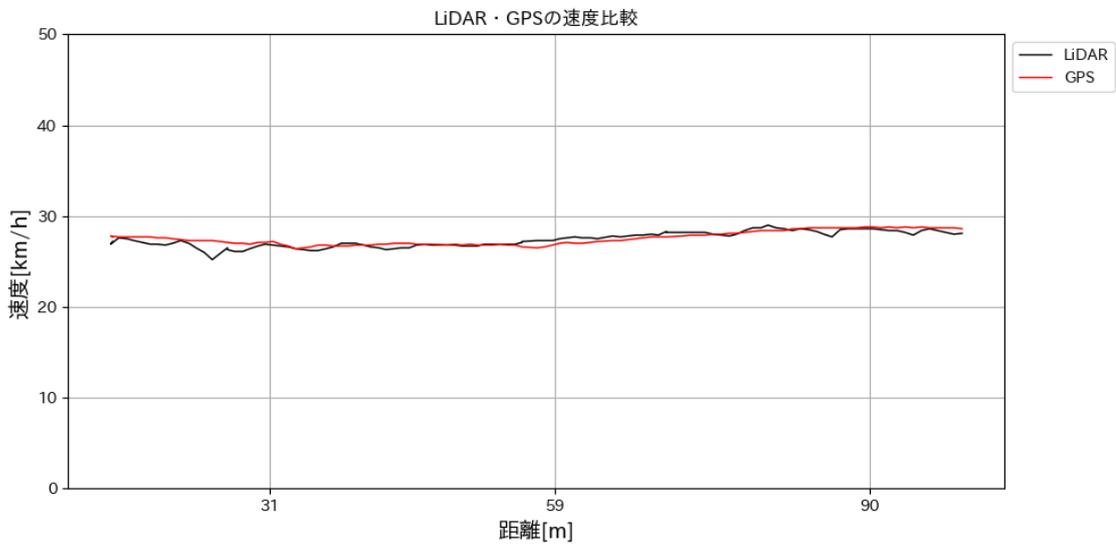


図 7-59 磯坪停車場北交差点海側 速度誤差(一例)

表 7-12 磯坪停車場北交差点海側 速度誤差(5 回分の誤差の集計) (単位 : km/h)

最大	最小	平均	標準偏差
3.3	-3.1	0	0.9

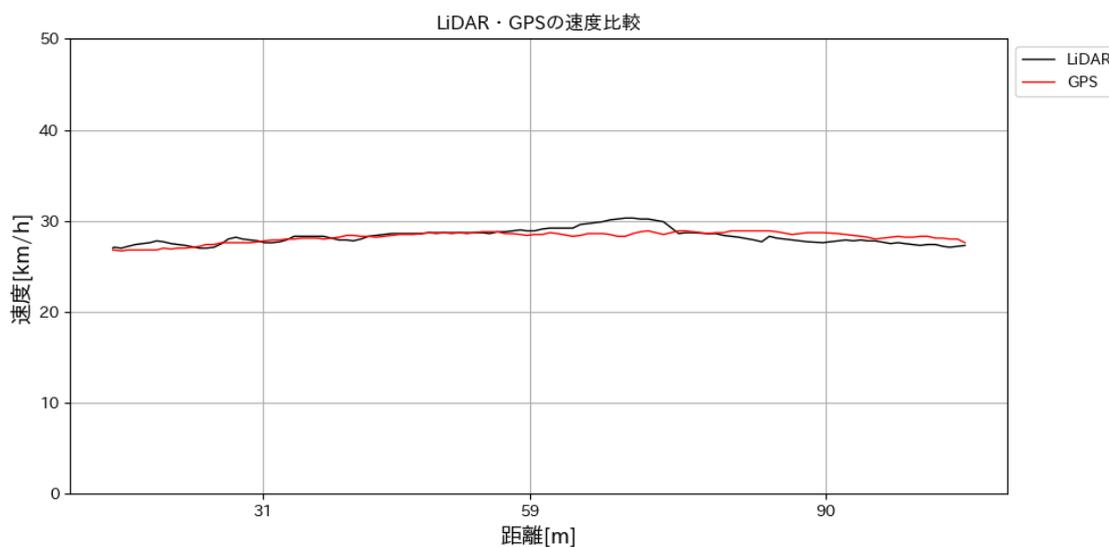


図 7-60 磯坪停車場北交差点山側 速度誤差(一例)

表 7-13 磯坪停車場北交差点山側 速度誤差(5 回分の誤差の集計) (単位 : km/h)

最大	最小	平均	標準偏差
6.5	-2	0.7	1.5

c) 未検出率

① 磯坪停車場北交差点

2月11日14時56分から16時6分までの間に磯坪停車場北交差点において計測した未検出率の結果を表7-14～表7-15に示す。

表 7-14 磯坪停車場北交差点海側 未検出率

カメラ映像(真値)	LiDAR 検出数	未検出	未検出率
91 件	91 件	0 件	0%

表 7-15 磯坪停車場北交差点山側 未検出率

カメラ映像(真値)	LiDAR 検出数	未検出	未検出率
91 件	91 件	0 件	0%

② 南部図書館北側交差点

2月11日13時20分から17時21分までの間に南部図書館北側交差点において計測した未検出率の結果を表 7-16～表 7-17 に示す。

表 7-16 南部図書館北側交差点東側 未検出率

カメラ映像(真値)	LiDAR 検出数	未検出	未検出率
76 件	76 件	0 件	0%

表 7-17 南部図書館北側交差点西側 未検出率

カメラ映像(真値)	LiDAR 検出数	未検出	未検出率
100 件	100 件	0 件	0%

d) 識別率

① 磯坪停車場北交差点

2月11日14時56分から16時6分までの間に磯坪停車場北交差点において計測した識別率の結果を表 7-18～表 7-19 に示す。

表 7-18 磯坪停車場北交差点海側 識別率

識別対象台数	正しい識別台数	識別率
91 件	90 件	98.9%

表 7-19 磯坪停車場北交差点山側 識別率

識別対象台数	正しい識別台数	識別率
91 件	91 件	100%

海側方向は大型車を普通車と認識していた。

② 南部図書館北側交差点

2月11日13時20分から17時21分までの間に南部図書館北側交差点において計測し

た識別率の結果を表 7-20～表 7-21 に示す。

表 7-20 南部図書館北側交差点東側 識別率

識別対象台数	正しい識別台数	識別率
76 件	76 件	100%

表 7-21 南部図書館北側交差点西側 識別率

識別対象台数	正しい識別台数	識別率
100 件	100 件	100%

### (C) 通信遅延

磯坪交差点及び南部図書館交差点で車両の通信を模擬するアプリケーションを用いて物標情報の遅延時間の計測を実施した。

アプリケーションを実行する PC はローカルの GPS タイムサーバに対して NTP による時刻同期を行い、時刻精度を担保した。

遅延時間は、センサの検知時間と PC 側での受信時刻の差とした。

結果を以下に示す。サンプル数約 34,000。平均値は 213ms、標準偏差は 53ms となった。

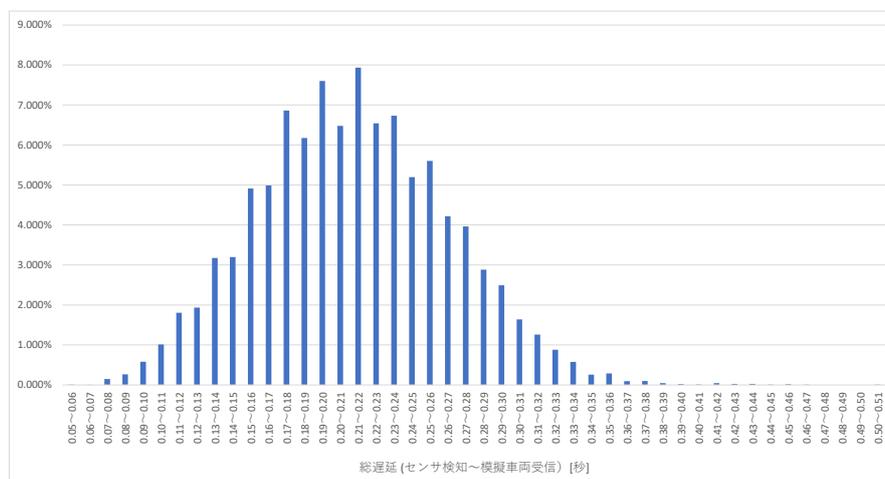


図 7-61 通信遅延測定結果グラフ

### 4) 考察

#### (A) 検証結論

今回の検証の結果は下表の結果となった。

表 7-22 検証結果まとめ

項番	検証項目		検証結果
1	信号情報	信号情報認識誤差	最大値 96ms
2	信号情報	信号情報配信結果	合計提供回数：196 回 送信抜け割合：0.0004%
3	物標情報	位置誤差	標準偏差 0.6m 位置誤差最大値 2.9m
4	物標情報	速度誤差	標準偏差 1.5km/h 速度誤差最大値 6.5km/h
5	物標情報	未検出率	磯坪停車場北交差点 海側：未検出率 0% (0 件/91 件) 山側：未検出率 0% (0 件/91 件) 南部図書館北側交差点 東側：未検出率 0% (0 件/76 件) 西側：未検出率 0% (0 件/100 件)
6	物標情報	識別率	磯坪停車場北交差点 海側：識別率 98.9% (90 件/91 件) 山側：識別率 100% (91 件/91 件) 南部図書館北側交差点 東側：識別率 100% (76 件/76 件) 西側：識別率 99% (99 件/100 件)
7	物標情報	通信遅延	サンプル数：約 34,000 平均値:213ms、 標準偏差:53ms

(B) 信号情報

① 表示誤差は最大 96ms で日本自動車工業会からの要求値である 300ms 以内に収まって

おり、期待値に沿った表示誤差である事を確認した。

② 信号情報配信は全体で 0.0004%の送信抜けが確認されたため、より送信抜けが減るよう改良する。

(C) 物標情報

① LiDAR と車載 GPS の位置の誤差は最大 3m 以下、標準偏差 0.6m となり、1m 以上の誤差が発生する場合も生じたため、今後、精度向上を図る。

② LiDAR と車載 GPS の位置の速度誤差は最大 6.5km/h 以下、標準偏差 1.5km/h であり、1km/h 以上の誤差が発生する場合も生じたため、今後、精度向上を図る。

③ 未検出はなく、識別率は 98%程度であるが、今後、更に精度向上を図る。

④ 通信遅延については検知～車両側で受信するまでに 300ms を超える場合も発生しているため、今後、より遅延時間が短縮するよう改良する。

5) 車両側の精度検証

障害物検知における車両側の精度検証結果は、自動運転車両の安全で円滑な運行を支援するための、自動運転車両の走行制御ロジックへフィードバックの可能性及び今後の課題について検討を行った。

(A) 車両側停止・発進制御（走行制御ロジックへフィードバックの可能性）

インフラ情報を用いて車両の停止・発進の可能性があることが分かった。

（解説）：下記グラフは横軸を時間、左の縦軸が自律車両の実速度，右の縦軸がTTCの時間である。今回は2段階停止を必須としたため、交差車両（オレンジの点線）がTTC<5秒となるタイミグより前に、ブレーキ制御が行われている（灰色の線が車速5.2km/hから降下している）。交差車両のTTC<5秒となるタイミグが500ms~1s手前のタイミグであれば（オレンジラインが赤破線にあれば）、自律車両はブレーキ動作を車速3.5km/hから開始していた可能性がある。

※5秒間加速中に車載センサーから見える範囲は、30~40m

※5秒間減速中に車載センサーから見える範囲は、40~60m（次頁参照）

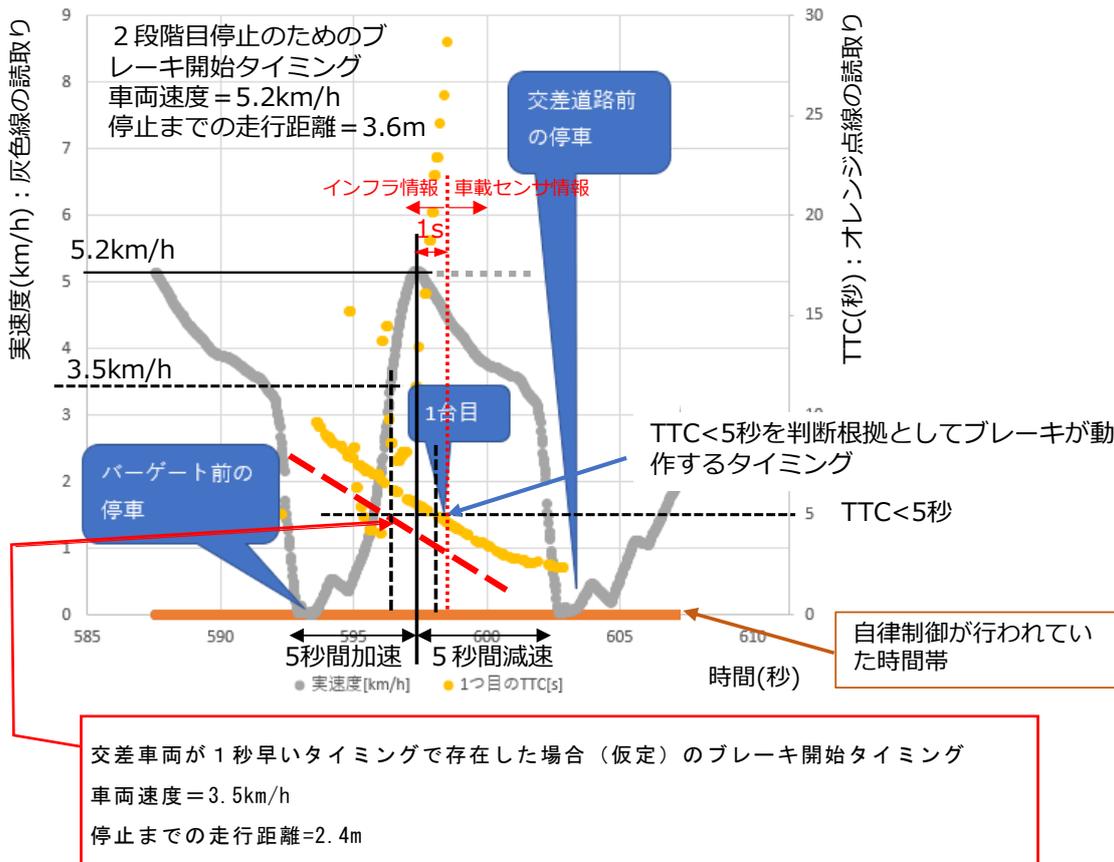


図 7-62 磯坪停車場北交差点での車両挙動

- i. バーゲート手前停止線で自動運転バスが停止している状態  
 ⇒ 5 秒間加速中に車載センサーから見えている範囲（距離）は加速開始時 30m～加速終了時 40m

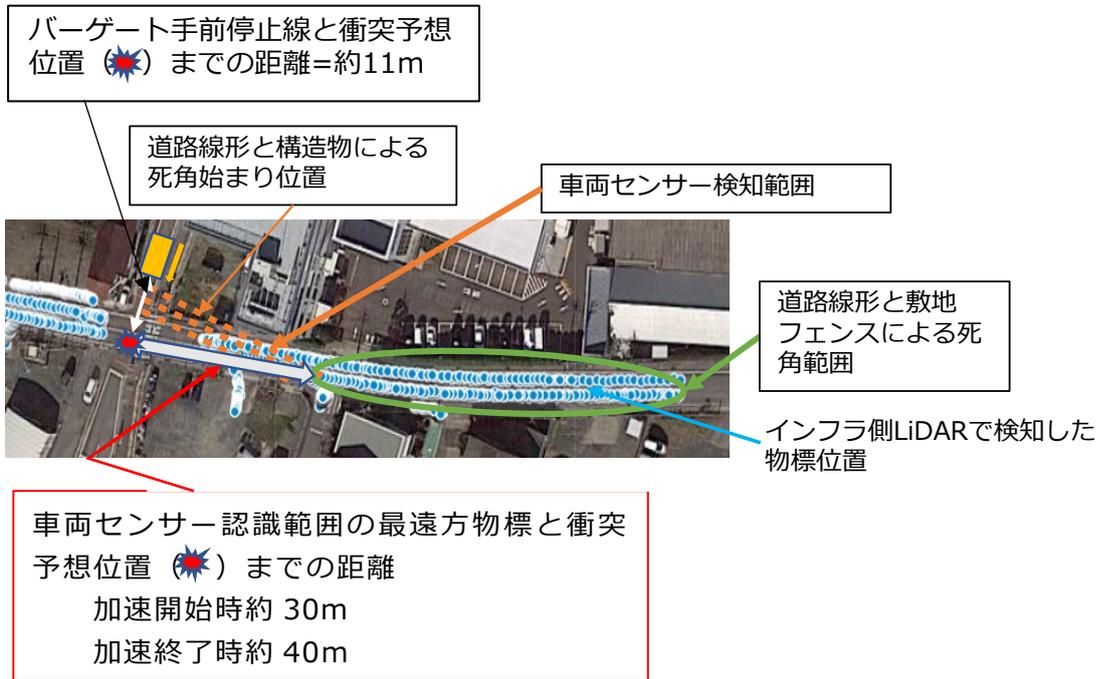


図 7-63 磯坪交差点 LiDAR ログデータと死角範囲

(バーゲート手前停止線で車両が停止した状態)

- ii. 交差点手前停止位置で自動運転バスが停止した状態  
 ⇒ 5 秒間減速中に車載センサーから見えている範囲（距離）は減速開始時 40m～減速終了時 60m

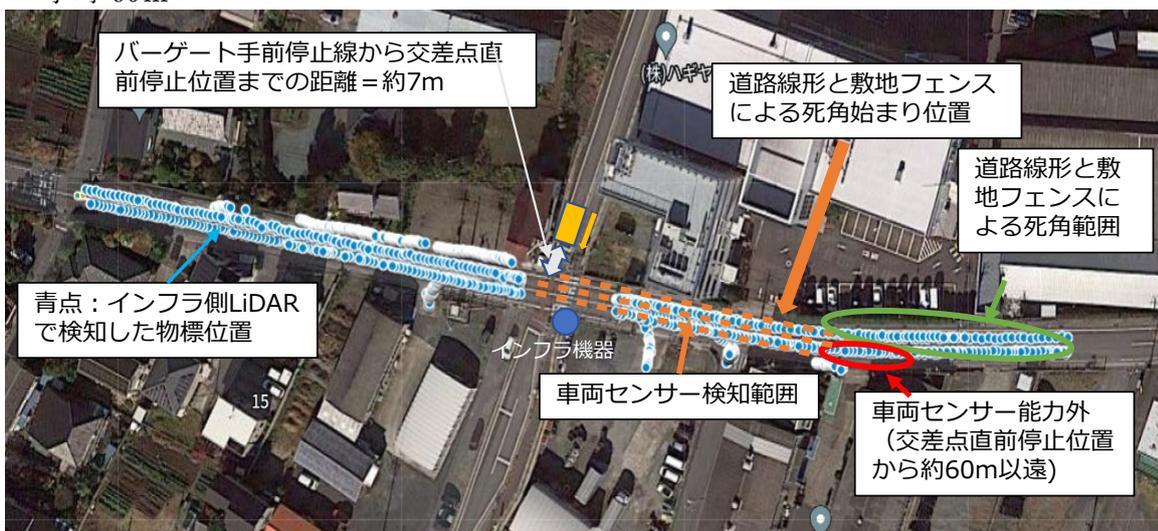


図 7-64 磯坪交差点 LiDAR ログデータと死角範囲

(交差点手前停止位置で車両が停止した状態)



写真 東側（死角）から磯坪交差点を撮影

- ・ 実際の走行は、バースゲート手前停止線から加速終了地点まで、速度が0→5.2km/h、5秒間で3.6mを走行し、その後交差点停止位置まで同様の時間、距離で停止した。（下表①と④参照）
- ・ 仮に加速終了地点から減速せず徐行を続けた場合、交差道路に存在する障害物までの距離は約58mと試算され（下表②参照）、加速終了地点から車載センサーが検知できる距離は40m程度（全頁図参照）であることから、58m先の障害物は死角内に存在している事になる。
- ・ この位置の障害物の物標情報は、車載センサーが障害物を捉えるより前に、インフラ側から情報を得ることで、車両のブレーキを作動させ、車載センサー単独での制御よりも、より安全性が高まる方向で停止できる可能性がある。
- ・ 同様の計算を交差点を通過終了までの想定で行った所（下表③参照）、障害物までの距離は127mと算定され、このような位置では、一般車両等障害物側の減速なども予想される距離であり、また、インフラ側検知範囲も超えているため、インフラ情報が活用できるかどうかについては、引き続き別種の検討が必要である。

表 7-23 加速終了地点から徐行を続けた場合の試算

地点	距離 (m)	速度 (km/h)	時間 (秒)	障害物までの 距離 (m)	備考
①バースゲート手前停止線から加速終了地点（減速開始地点）	3.6	0→5.2	5	—	加速度 0.03G(実際の走行)
②加速終了地点から交差道路障害物との衝突予想地点	7.4	5.2	5.2	58	バースゲート手前停止線から衝突予測地点の距離＝11mから①の距離3.6mを引いた値＝7.4m 加速終了地点から時速5.2km/hで徐行し続けた場合
③交差点通過	16.4	5.2	11.4	127	バス長さ9m
(参考) ④減速開始地点から交差点手前停止位置	3.6	5.2→0	5	—	減速度 0.03G(実際の走行)

(B) 走行制御ロジックへフィードバックの課題（車両側停止・発進制御の可能性）

a) 結果の考察

今回の実験では、交差点で2段階（バーゲート前と交差点進入直前）停止としたため、 $TTC < 5$ 秒を判断理由としてブレーキが掛かった事実（ログ）は無かったが、見通しの悪い交差点の交差側道路の障害物情報（位置、速度）を自律車両は受信し、 $TTC$ 算定を行った事を確認した。

磯坪交差点を南進（多賀駅→おさかな C）するバスの左手には道路線形と建物敷地の塀の位置関係から自律車両にとって死角となる範囲がある。死角内の障害物情報に基づく  $TTC$  を判断根拠とすれば、交差点手前の2段階目の停止を必須としなくとも、より安全性が高まるタイミングでの自動ブレーキ制御を行える可能性があることが分かった

b) 課題

障害物検知性能（未検知、誤検知）、通信性能（遅延、速度）の向上は課題である。今回は自律車両と通信対象の信号柱が1対1だったが、将来的には多対多になる事が予想されるため、信号配信サーバーをどのように構築していくのかは課題である。

死角内の複数の障害物情報に基づく  $TTC$  算定と自律車両の位置と速度を連動させて制御するプログラムの搭載が必要である。

交差点手前で停止せずに交差点を通過する（通過時間短縮によるサービス性の向上）ためには、インフラ側情報の遠方の検知精度が一層向上し、センサーを複数台設置するなどの方法で、死角内に物標が「無い」事を証明する仕組みが必要である。また、遠方距離の障害物の危険回避の減速操作等とインフラ情報活用の関連性について、引き続き検討が必要である。

※ $TTC$ ： Time to Collision

衝突対象となる車両との距離を速度の差（相対速度）で割ることで算出される、衝突までの時間

(5) インフラ機器の撤去

1) 物標情報提供

以下の要領によりインフラ連携走行調査に使用したカメラ、LiDAR 及びセンサ取付用の柱を撤去し路面の復旧を行う。

(A) 作業日時

機器撤去：令和5年3月15日（水）13時～17時30分

支柱、基礎研り、埋め戻し、路面復旧：令和5年3月16日（木）9時～17時30分

(B) 作業場所

磯坪停車場北交差点、南部図書館北側交差点

(C) 作業手順

カメラ及び LiDAR の撤去工事、センサ取付用の柱の支柱工事の作業手順を以下に示す。

- 片側交互規制
- 機器撤去
- 支柱支柱
- 基礎研り
- 掘削部埋め戻し
- 路面復旧
- 片付け
- 規制解除

(D) 作業状況

各箇所における撤去作業の作業状況を以下に示す。

実施前（磯坪）  
全体



実施状況（磯坪）  
機器撤去①  
（制御器、画像処理装置撤去）



実施状況（磯坪）  
機器撤去②  
（装柱撤去）



実施状況（磯坪）  
機器撤去③  
（機器取り外し）



実施状況（磯坪）  
片側交互規制（抜柱時）



実施状況（磯坪）  
抜柱



実施状況（磯坪）  
基礎研り



実施状況（磯坪）  
柱撤去



実施状況（磯坪）  
基礎撤去



実施状況（磯坪）  
掘削部埋め戻し



実施後（磯坪）  
復旧完了



図 7-65 機器撤去工事及び抜柱工事の実施状況（磯坪）

実施前（南部図書館）  
全体



実施状況（南部図書館）  
片側交互規制状況（機  
器撤去時）



実施状況（南部図書館）  
機器撤去①  
（制御器、画像処理装  
置撤去）



実施状況（南部図書館）  
機器撤去②  
（装柱撤去）



実施状況（南部図書館）  
機器撤去③  
（機器取り外し）



実施状況（南部図書館）  
片側交互規制（抜柱時）



実施状況（南部図書館）  
抜柱



実施状況（南部図書館）  
基礎研り



実施状況（南部図書館）  
柱撤去



実施状況（南部図書館）  
基礎撤去



実施状況（南部図書館）  
掘削土埋め戻し、転圧



実施状況（南部図書館）  
碎石敷設、転圧



実施状況（南部図書館）  
敷砂敷設、転圧



実施状況（南部図書館）  
インターロッキングブ  
ロック舗装復旧



実施状況（南部図書館）  
目地砂（珪砂）敷設、転  
圧



実施状況（南部図書館）  
インターロッキングブ  
ロック舗装復旧完了



実施後（南部図書館）  
復旧完了



図 7-66 機器撤去工事及び抜柱工事の実施状況（南部図書館）

## 第8章 事業モデルの検討

### 8.1. 日立地域における事業モデルの検討

日立地域における事業モデルの検討にあたっては、既存の BRT 路線を対象とした自動運転の導入シナリオ、運行本数のあり方、事業性の試算等により構成されるが、事業者のノウハウ等を含むため詳細は割愛する。

## 第9章 社会受容性の検討

### 9.1. 社会受容性に係る調査の実施概要

ひたち BRT 自動運転化に関する社会受容性関連の調査として、体験乗車者へのアンケート調査、乗車者・非乗車者へのグループインタビュー調査を実施した（表 9-1）。

表 9-1 調査概要

	アンケート調査	グループインタビュー調査
調査対象	● 体験乗車者（回答者数 351 名） ※体験乗車者の総数は 574 名	● 体験乗車者（計 14 名） ● 非乗車者（計 9 名）
調査時期	● 令和 5 年 2 月 6 日～21 日	● 体験乗車者：2/10、20、21 日 ● 非乗車者：2/8、28 日
調査方法	● 乗車時に調査票(紙)を配布、降車時 または後日郵送で回収 ● 紙と同内容の調査票を Web 上に構 築し、QR コードを紙調査票に印刷 し、Web での回答を可能とした	● JR 大甕駅東口待合室に会場を設 け、4～5 名／回の対象者に参加頂 いた
調査項目	● 自動運転の印象 ● 自動運転の制約への許容度合い ● ひたち BRT の必要性・自動運転化 の有用性 ● 実装に向け、技術開発以外に必要な こと など	● 普段の移動の状況・BRT の利用状況 ● 体験乗車しての感想（体験乗車者） ● 自動運への評価 ● 日立市の交通課題 ● 自動運転を実装する上での課題・ア イデア など

### 9.2. アンケート調査

#### 9.2.1. 回答者のプロフィール

##### (1) 回答状況

##### 1) 回答の媒体

今回のアンケートは、スマートフォン・PC での回答の方が楽と思われる方と、それらの機器の操作に習熟していない方と両方がおられると想定し、同じ内容の調査票を紙と Web で用意してどちらからでも回答できるようにした。

結果的には紙が 76.9%であった（図 9-1）。これは、多くの乗車者が乗車したバス停で降車するために 2 便に乗車しバス車内で一定の時間を過ごしたため、乗車中に紙で回答し終わった回答者が多かったためと考えられる。次回以降調査を実施する際も、紙での回答が多いことを想定する必要がある。

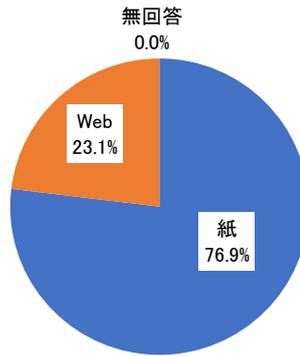


図 9-2 アンケートへ回答方法

2) 日別回答者数

調査を実施した各日の回答者数と回答率（乗車人数に占めるアンケートに回答した人の割合）を図 9-3 に示す。

後半は乗車人数自体が増加していることから、回答率は大半の日で 40%台で日による大きな変化はないながら、日別の回答者数は後半になるにつれて増加している。実証期間中にも市民への周知が進んだことが考えられる。



図 9-3 アンケートの日別回答者数・回答率

(2) 回答者の属性

1) 基本属性

性別は男性が約 2/3、女性が 1/3 であった。年齢層は 20 歳以上概ね均等だが、70 歳

以上がやや多い。居住地は日立市民が半数強、職業は「会社員・公務員・団体職員」と「無職」が多い（図 9-4）。

今回の実証実験は平日昼間に実施されたが、サラリーマン層の関心も集めたことが窺える。

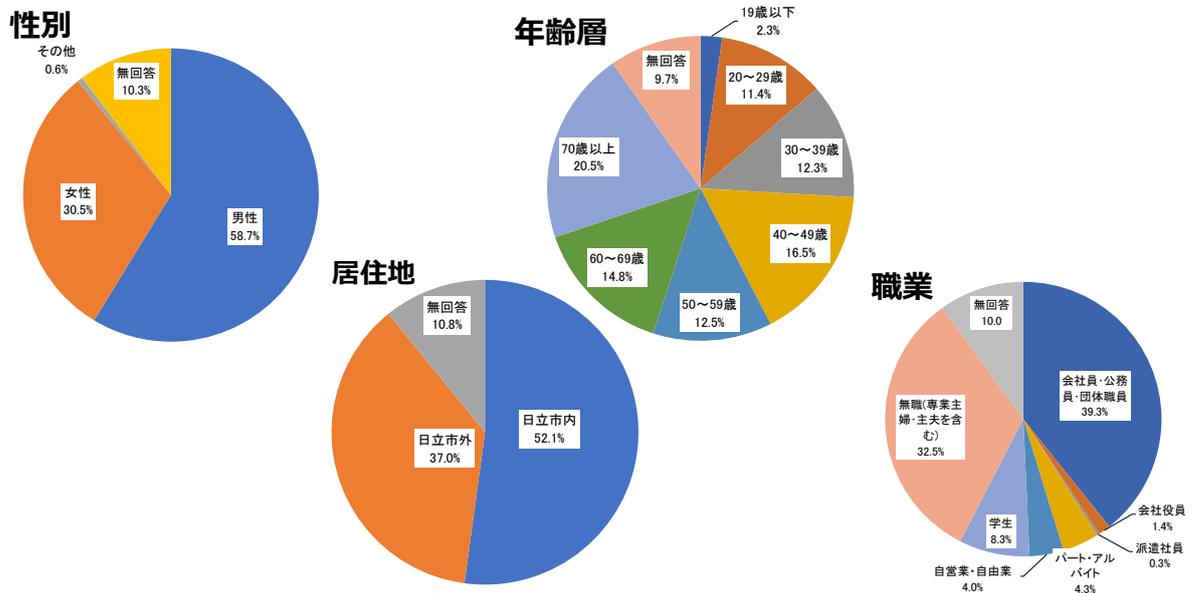


図 9-4 アンケート回答者の基本属性

## 2) 普段の BRT（有人）の利用状況

普段の有人 BRT の利用頻度を尋ねたところ、「月 1 回未満」の回答が 74.6%と多い。また、月 1 回以上利用する回答者に利用目的を尋ねたところ、「余暇・レジャー」「買い物」が多い。実証が平日昼間の実施であることから、普段通勤・通学で利用している人の中に実証に参加した人が少ないことが考えられる。

また、バス停までの交通手段は「徒歩」が多い。回答者はバス停まで徒歩圏の住民（沿線住民）が中心であると考えられる（図 9-5）。



※「主な利用目的」「バス停までの交通手段」の回答者はいずれも月に 1 回程度以上利用する人のみ (n=51)

図 9-5 普段の BRT（有人）の利用状況

9.2.2. 体験乗車しての意見

(1) 全般的な感想

設問：今回体験乗車をして、全体としてどうお感じになりましたか

体験乗車しての全般的な感想を尋ねたところ、全体で 86.6%が肯定的（良い印象、どちらかと言えば良い印象）に回答している。年齢別では、20 歳代～50 歳代で肯定的回答が多く、特に 40 歳代に「良い印象」の回答が多い（図 9-6）。

なお、2020 年度に日立市で実施された自動運転の実証実験時に行ったアンケートでは、肯定的意見（満足、やや満足）が 84.7%であり（図 9-7）、今回の調査結果はこれと同水準の好印象を持たれている。

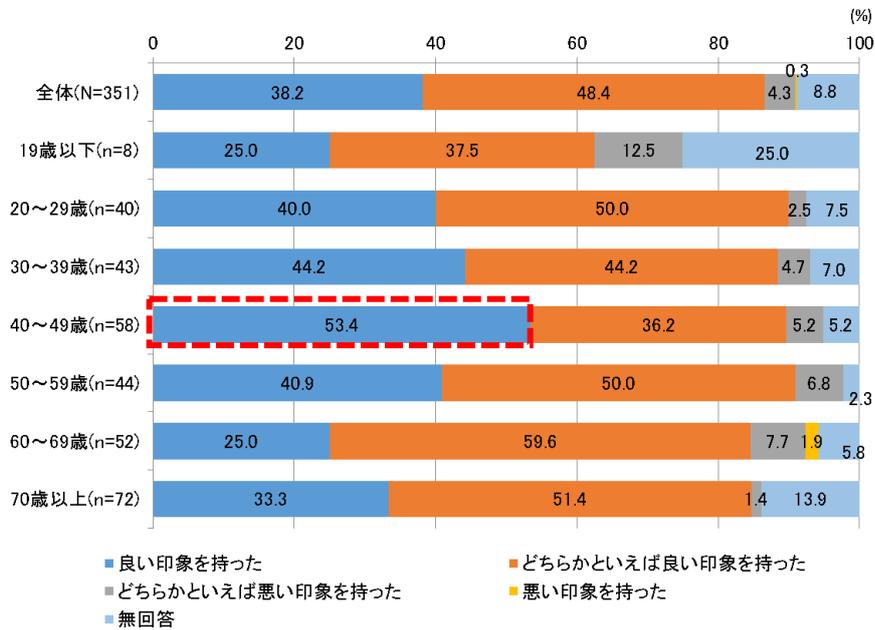


図 9-6 体験乗車の感想（年齢別）

問 5. 今回乗車されたバスの満足度を教えてください。（もっとも当てはまるものを選んでください。）

満足+やや満足  
の回答 167 件  
(84.7%)

	満足	やや満足	どちらでもない	やや不満	不満	未回答	合計
紙	116	41	18	2	0	10	187
WEB	5	5	0	0	0	0	10
合計	121	46	18	2	0	10	197

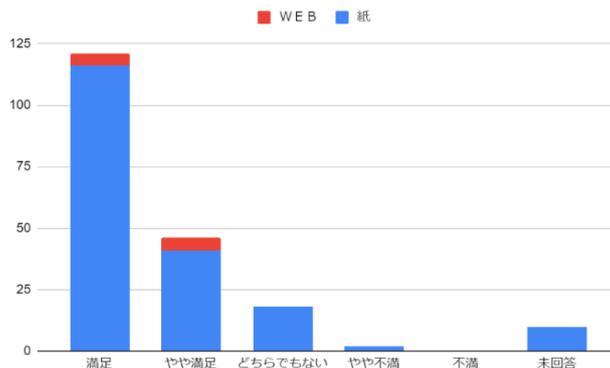


図 9-7 参考：2020 年度実証実験時の調査結果「乗車しての満足度」

肯定的に回答した人は、その理由に「加減速がスムーズ」「安全」などを挙げている。一方否定的に回答した人が挙げている理由には、防犯対策、車内アナウンスなど対策を施すことで軽減可能なものもある（表 9-2）。

表 9-2 感想の理由

肯定的 回答 をした人	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 加減速がスムーズ。ブレーキも気にならない</li> <li>● しっかり安全を確認していて良いと思いました</li> <li>● 有人運転と変わらぬ運行でした</li> <li>● 高齢化に伴い、このような事は良い</li> <li>● 運転士不足を解消でき、高頻度運転できそうだから</li> </ul>
否定的 回答 をした人	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 乗車時間の増加</li> <li>● 加減速時の乗り心地の不快感</li> <li>● 将来的に無人化運転への不安。車椅子、足が不自由な人の乗車方法、防犯対策</li> <li>● なぜ低速走行や一時停止をしているのが分からないことがストレス。車内アナウンスが必要</li> <li>● 専用道路での運行は良いが、一般道は無理ではないか</li> </ul>

(2) 自動運転への印象

設問：今回体験乗車をして、「自動運転」についてどのように感じましたか

1) 回答傾向

自動運転による「地域の活性化」には約 88.3%が肯定的に回答している。

自動運転による「社会の変化への期待」には肯定的回答が 95.7%と極めて多い一方、「社会の変化への不安」への肯定的回答は 23.1%と少ない。不安が少ない一方期待が大きい状況が窺える。

「人間の運転の方が安全」への肯定的意見は 51.8%で、安全性への評価は人間の運転／自動運転で拮抗した（図 9-8）。

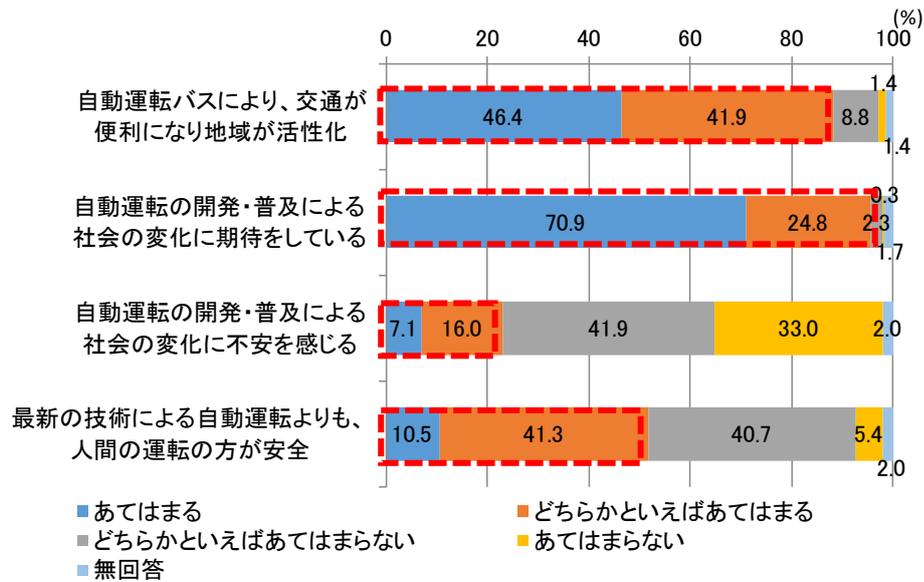


図 9-8 自動運転への印象

「最新の技術による自動運転よりも、人間の運転の方が安全」に関して性別で見ると、男性は女性より「人間の運転が安全」の回答が多い（図 9-9）。

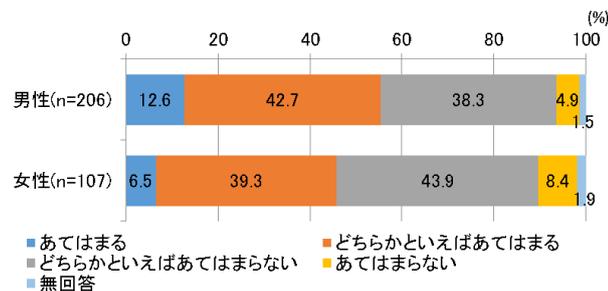


図 9-9 自動運転への印象「自動運転よりも人間の運転の方が安全」（性別）

## 2) 昨年度の全国調査との比較

「自動運転の開発・普及による社会の変化に期待をしている」「最新の技術による自動運転よりも、人間の運転の方が安全」の2項目に関しては、令和3年度に経済産業省が実施した全国調査（体験乗車は実施せず調査のみ実施）でも同一の項目で調査が実施されていたため、両者の回答結果を比較した。

この結果、「社会の変化への期待」「人間の運転が安全」いずれも、今回の調査結果の方が全国調査結果より大きい。つまり今回の回答者は、全国値よりも自動運転による社会の変化を期待しつつ、安全性に関しては人間の運転の方が安全と判断している（図 9-10）。

今回の回答者は実際に自動運転バスに乗車した上での回答であることから、社会の変化への期待を感じ取った一方、安全性に関しては体験乗車により現状の技術を理解して慎重に回答した結果と考えられる。

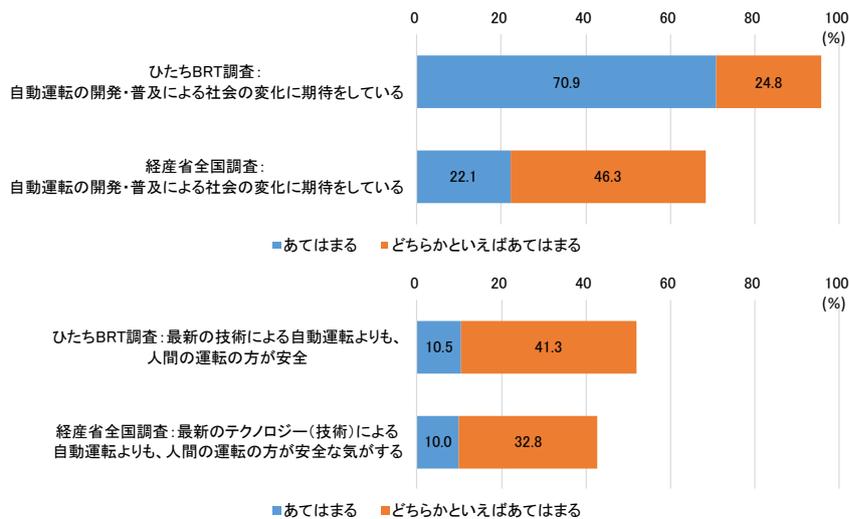


図 9-10 自動運転への印象（全国調査との；肯定的意見抜粋）

(3) 自動運転の制約に対する許容

設問：今回体験乗車をして、次の自動運転の特性についてどう思いましたか

1) 回答傾向

自動運転により懸念される制約を7項目提示し、受け入れられるかを調査したが、どの項目とも8割以上が肯定的(受け入れられる、どちらかといえば受け入れられる)に回答した(図9-11)。

居住地別では、7項目中5項目で市民の方が許容する割合が高い。市民は有人のBRTを認知し親近感を持っていることが考えられる。また、回答者の中に過去の実証実験への参加経験を持つ方がいた。このような過去の実証を経験した回答者は技術の進歩を感じ取り、改善されていることから肯定的な回答につながった可能性もある。

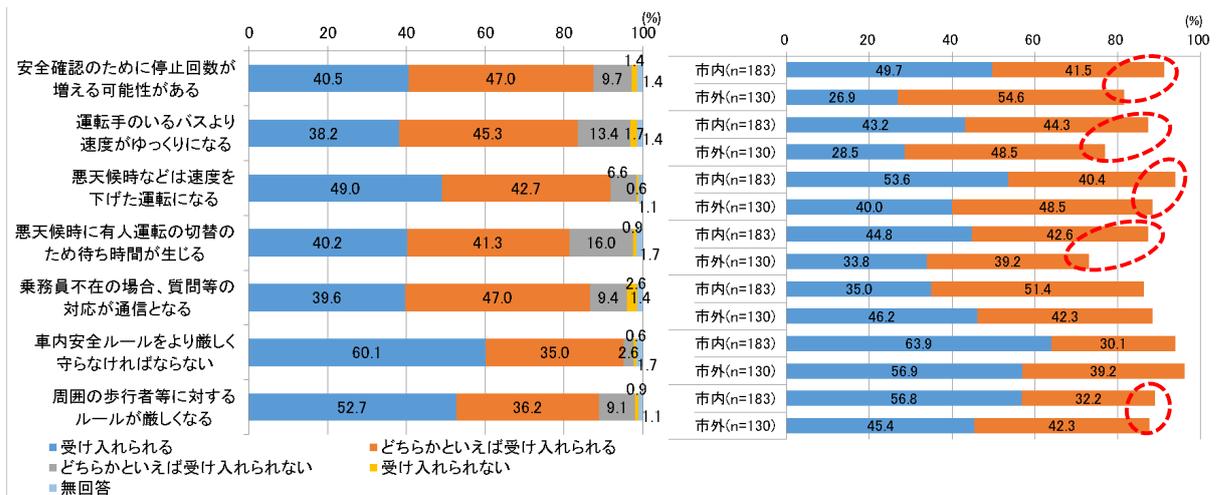
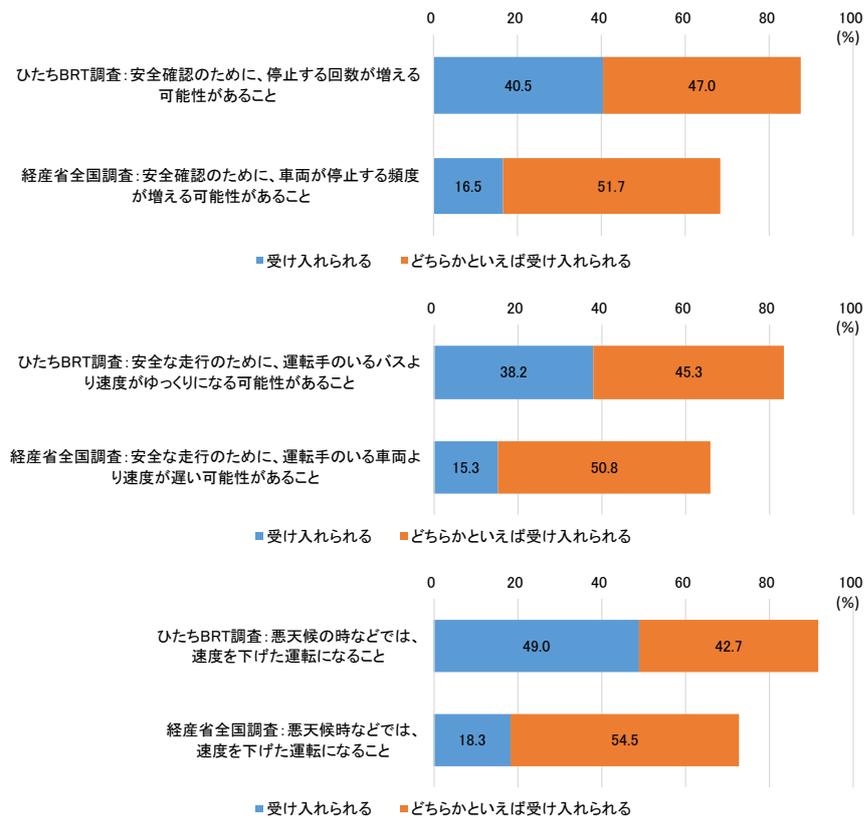


図 9-11 自動運転の制約に対する許容

## 2) 昨年度の全国調査との比較

7項目のうち「周囲の歩行者等に対するルールが厳しくなる」以外の6項目に関しては、令和3年度に経済産業省が実施した全国調査でも同一の項目で調査が実施されていたため、両者の回答結果を比較した。

この結果、6項目全てで今回の回答者の方が許容度は高い。日立でこれまでも自動運転の実証実験が行われていることや、境町のように県内の他地域でも自動運転公共交通が走行していることなどから、自動運転への理解が全国平均より高いことが考えられる（図 9-12）。



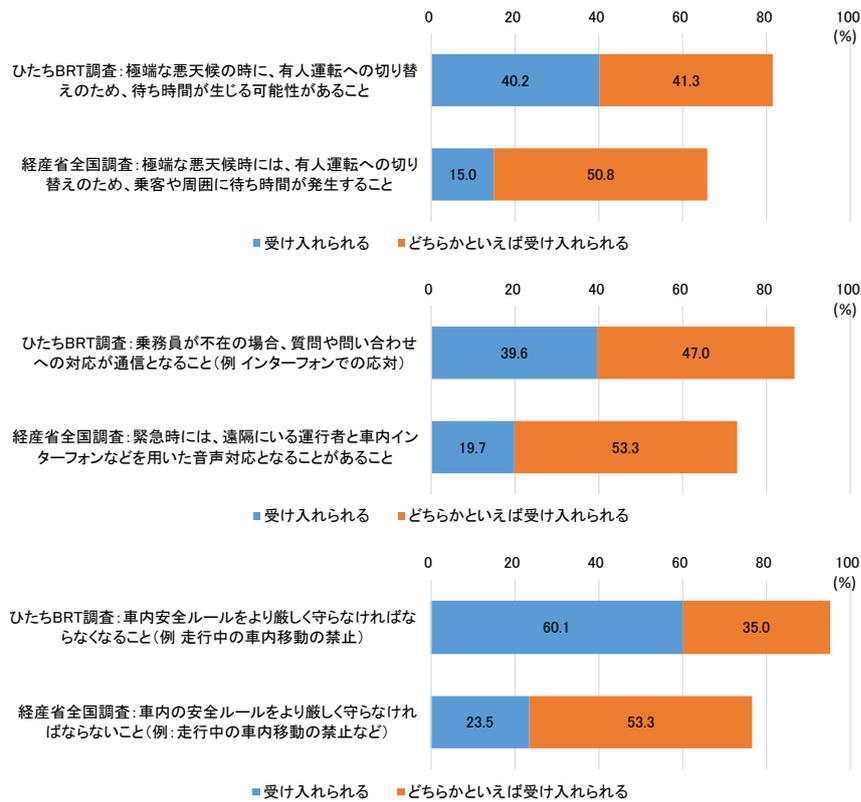


図 9-12 自動運転の制約に対する許容（全国調査との比較；肯定的意見抜粋）

### 9.2.3. 現行の BRT の必要性・自動運転化の有用性

#### (1) 現行の BRT の必要性

##### 1) 回答者自身にとっての必要性

設問：現状（有人）のひたち BRT はあなたにとって必要ですか

回答者自身にとって現行の BRT が必要との回答は 56.1%。特に月 1 回以上の利用者に多い。自分自身が必要性を実感するには定期的な利用が有効だと考えられる（図 9-13）。

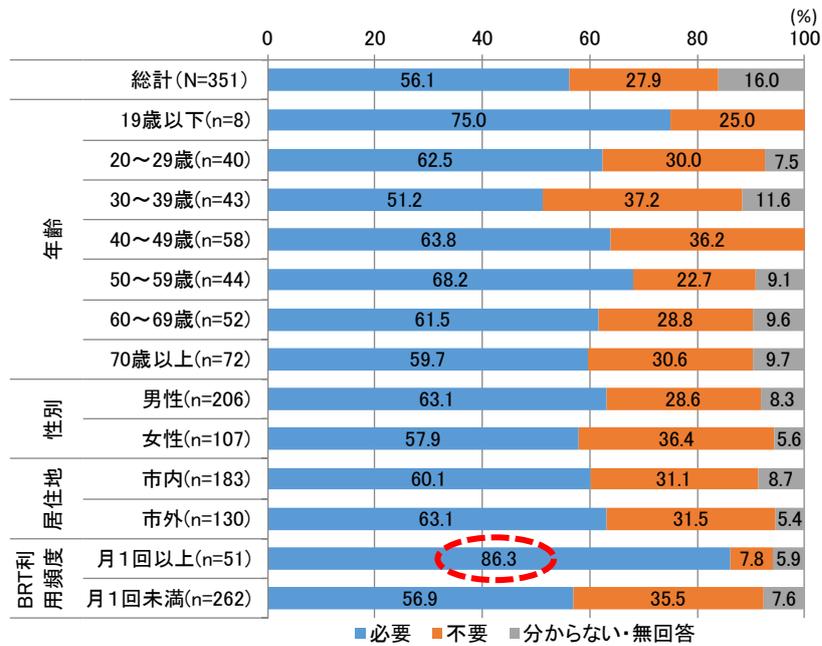


図 9-13 現行の BRT の必要性（回答者自身にとって）

2) 家族・地域にとっての必要性

設問：現状（有人）のひたち BRT は家族や地域にとって必要ですか

家族・地域にとって現行の BRT が必要との回答は 63.5%。60 歳代、男性に特に多い（図 9-14）。

また表 9-8 に示す通り、回答者自身にとって必要と回答している人は家族・地域にとっても必要と回答する傾向があるため、50 歳代、男性の有人 BRT への乗車を促進し周囲に勧めて貰うような取り組みも有効だと考えられる。

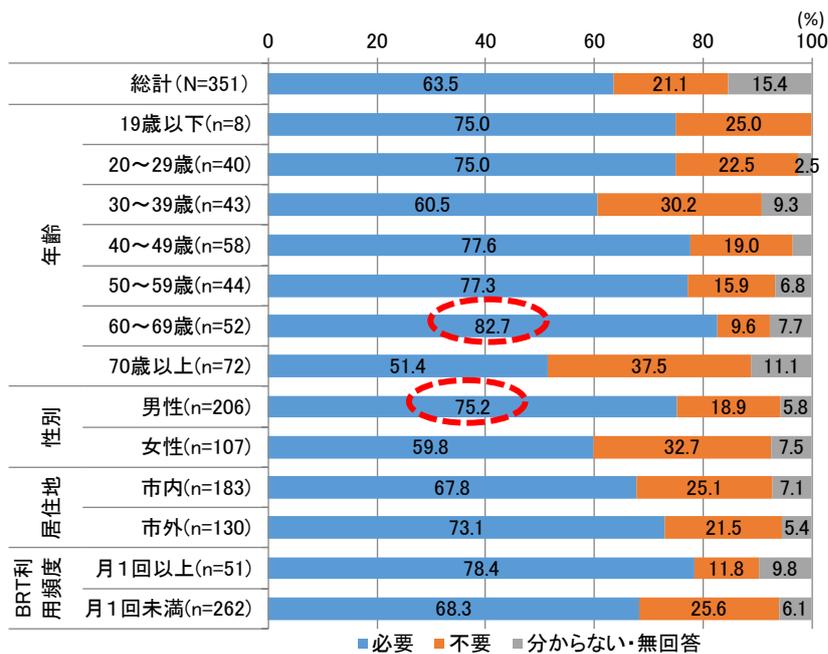


図 9-14 現行の BRT の必要性（家族・地域にとって）

(2) 自動運転化の有用性

1) 回答者自身にとっての有用性

設問：ひたち BRT の自動運転化はあなたにとって役に立つと思いますか

回答者自身にとって BRT の自動運転が有用との回答は 59.3%。利用頻度による差はない。年齢別にみると 40～50 歳代に対し 70 歳代で有効という回答が減少する傾向がある。また性別では、男性の方が有用との回答が多い（図 9-15）。

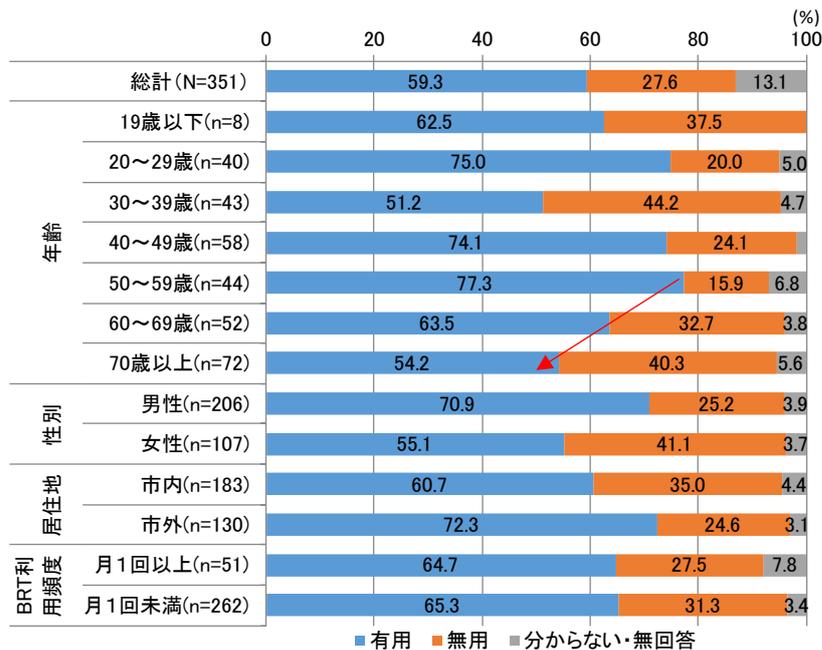


図 9-15 自動運転の有用性（回答者自身にとって）

2) 家族・地域にとっての有用性

設問：ひたち BRT の自動運転化は家族や地域にとって役に立つと思いますか

家族・地域によって自動運転化が有用との回答は 67.8%。概ねどの年齢層でも回答者にとってより家族・地域にとって有用との回答が多い。ただし、回答者自身にとっての有用性の設問と同様に、50 代以降の年齢層で有用という回答は減少傾向である（図 9-16）。

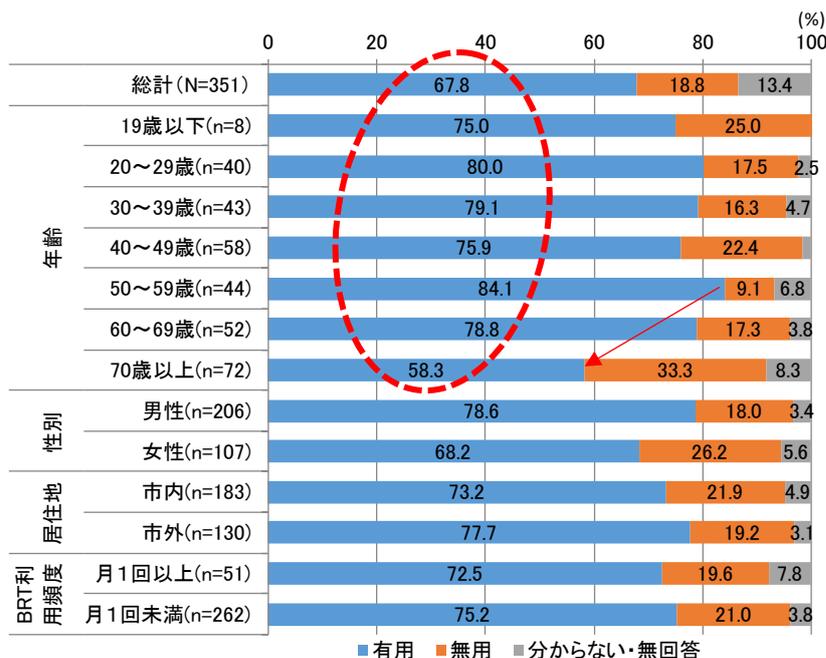


図 9-16 自動運転の有用性（家族・地域にとって）

(3) 現行の BRT の必要性×自動運転化の有用性の意識

現行の BRT の必要性と自動運転化の有用性の回答を組み合わせると、回答者自身にとっても家族・地域にとっても、現行の BRT を必要と回答した層は、大半が自動運転を有用と回答している。逆に不要と回答した層では、自動運転化が有用との回答は約半数に留まる（表 9-3）。BRT の必要性を感じてもらうことは、自動運転の有用性を感じてもらうための必要条件であると言える。

日立市民への自動運転の受容を促す上で、多くの市民に現行の BRT の利用を促し必要性を感じてもらいつつ、同時にドライバーのいない自動運転の特徴を、BRT の持続性向上の取り組みとして、その意義を訴求することが考えられる。

表 9-3 現行の BRT の必要性×自動運転化の有用性の意識

回答者自身にとって		自動運転化				合計	
		有用		無用			
現行のBRT	必要	160	82.5%	34	17.5%	194	100.0%
	不要	44	44.9%	54	55.1%	98	100.0%

家族・地域にとって		自動運転化				合計	
		有用		無用			
現行のBRT	必要	195	88.2%	26	11.8%	221	100.0%
	不要	38	51.4%	36	48.6%	74	100.0%

また、現行の BRT についても自動運転化についても、回答者自身にとって必要（有用）と回答した層は、大半が家族・地域にとっても必要（有用）と回答している（表 9-4）。

ただし、現行の BRT についても自動運転化についても、回答者自身にとっては不要（無用）と回答した人の約 4 割が家族・地域にとっては必要（有用）と回答している。自身にも家族・地域にも自動運転 BRT 必要・有用と考え、利用する生活者の拡大が先ず重要ではあるが、自身には必要でなくても家族・地域に必要と考え地域に実装されることに

理解を示す人の拡大もまた期待される。

表 9-4 回答者自身にとっての必要性・有用性×家族・地域にとっての必要性・有用性

現行のBRT				自動運転化			
		家族・地域にとって		合計			
		必要	不要	有用	無用		
回答者自身にとって	必要	176	91.2%	17	8.8%	193	100.0%
	不要	43	44.8%	53	55.2%	96	100.0%
	有用	197	102.1%	10	5.2%	207	107.3%
	無用	40	41.7%	56	58.3%	96	100.0%

### 9.2.4. 技術開発以外で必要なこと

設問：自動運転の技術にはまだ課題がありますが、自動運転バスを安全・有効に走らせるために、さらなる技術開発以外で何が必要だと思いますか

全体では「自動運転バスへの周辺の通行者等の理解」、「周辺の通行者等への情報発信」、「わかりやすいデザイン」等が多く、いずれも過半数が回答している。

利用頻度別では大きな差異はないが、利用が月1回未満の層は「自動運転バスへの周辺の通行者等の理解」、「周辺の通行者等への情報発信」など、利用が月1回以上の層は「乗客の車内への情報発信」、「地域・自治体・地元の事業者等の協力・啓発・支援」が比較的多い（図 9-17）。

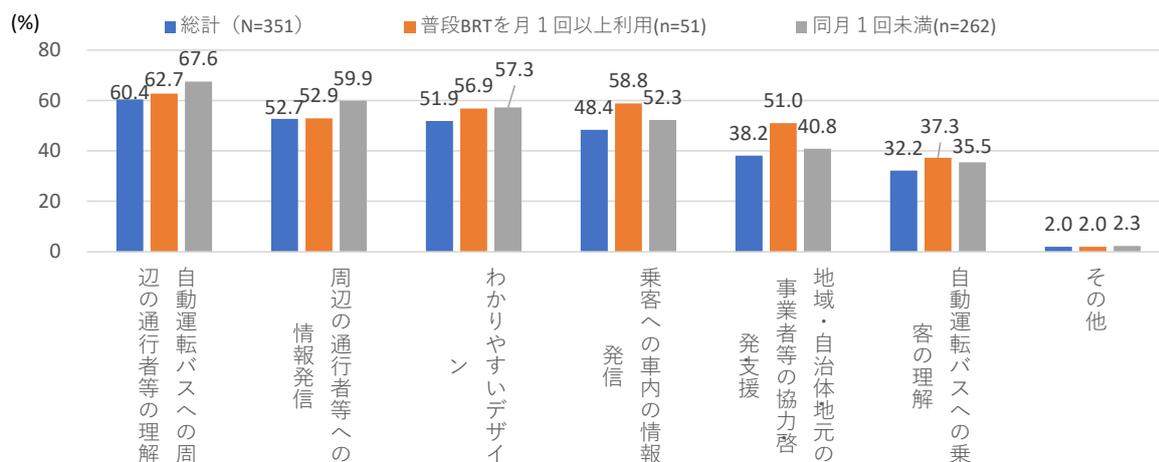


図 9-17 技術開発以外で必要なこと

### 9.2.5. 自由回答

設問：その他、自動運転バスに試乗してお気づきの点や期待、不安など、ご自由にお書きください

肯定的意見としては、「安全・安心」や「快適」に関する意見が比較的多い。否定的意見としては、「ブレーキのかけ方」「交差点等の安全性」への意見が挙げられた。また、要望としては、「車内アナウンス・ディスプレイの改善」、「有人バスとの区別」、「移動時間の短縮」などが寄せられた（表 9-5）。

表 9-5 現行の BRT の必要性×自動運転化の有用性の意識

(数値は同様の回答の数)

<b>肯定的意見</b> (のべ 127)	<ul style="list-style-type: none"><li>●技術の進歩を実感・期待 22</li><li>●安全・安心 10</li><li>●安定・快適 9</li><li>●自動運転の必要度が上がる 3</li><li>●専用路なら適用は可能 3</li><li>●経費削減につながる 1</li><li>●悪天候時でも問題ない 1</li><li>●新しい交通機関として受け入れる 1</li><li>●死角が生まれない 1</li><li>●待ち時間がない 1</li><li>●その他肯定的意見 14(肯定の具体内容が不明のもの)</li></ul>
<b>否定的意見</b> (のべ 189)	<ul style="list-style-type: none"><li>●ブレーキのかけ方 26</li><li>●交差点等の安全性 19</li><li>●技術面等まだ課題がある 9</li><li>●事故にならないか心配 7</li><li>●速度がゆっくり過ぎる 6</li><li>●小さい子ども・高齢者の感知 3</li><li>●有人バスと比べて時間がかかる 3</li><li>●専用道への侵入に対する対策 3</li><li>●緊急停車時の対応 3</li><li>●車体の揺れが気になる 2</li><li>●バスまでのアクセスが悪い 1</li><li>●海外との技術の差 1</li><li>●短距離での加速 1</li><li>●歩行者への配慮 1</li><li>●周辺を通る車の一時停止 1</li><li>●モニターの字が見えづらい 1</li><li>●完全自動運転は不安 1</li><li>●その他否定的意見 13 (否定の具体内容が不明のもの)</li></ul>
<b>要望 (60)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>●車内アナウンス・ディスプレイの改善 4</li><li>●有人バスとの区別 2</li><li>●移動時間の短縮を期待 1</li><li>●ゲートによる認識 1</li><li>●延伸 (日立駅まで) 1</li><li>●延伸 (鮎川まで) 1</li><li>●専用道の拡充 1</li><li>●車中に地図上の表記をしてほしい 1</li><li>●将来の一般道での走行 1</li><li>●専用区外のルートへの対応 1</li><li>●乗車定員を増やせると良い 1</li><li>●その他要望 15 (自動運転以外への要望)</li></ul>

### 9.3. グループインタビュー調査

#### 9.3.1. 実施概要

グループインタビューは、体験乗車に参加した方、および参加しなかった方を対象

に、表 9-6 の対象者に対して実施した。

参加者の募集に関して、体験乗車参加者の募集は体験乗車の募集と同時に行った。また非参加者の募集は、日立市様より大久保地区・久慈地区の住民の方、茨城キリスト教大学の学生にお声がけ頂き、参加者を確保した。

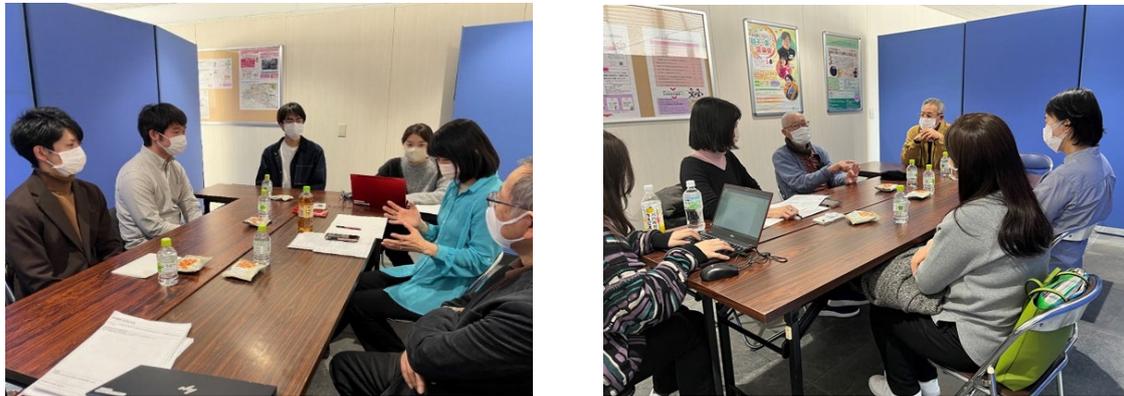


図 9-18 グループインタビューの実施風景

表 9-6 グループインタビューの回答者（性別・世代）

実施日	区分	参加者
2/8	非参加者	①男性・70代、②男性・80代、③男性・60～70代、 ④女性・大学生、⑤男性・60～70代
2/10	参加者	①男性・40代前半、②男性・20代、③男性・70代 ④男性・60代、⑤男性・30～40代
2/20	参加者	①男性・30代前、②男性・高校生、③男性・高校生、 ④男性・60代後半
2/21	参加者	①男性・大学生、②女性・大学生、③男性、 ④女性・60代、⑤男性・社会人
2/28	非参加者	①女性・主婦、②女性・主婦、③男性・80代、 ④男性・76歳

### 9.3.2. 実施結果

#### (1) 普段の移動の状況・BRTの利用状況

自動車社会であり、体験乗車の参加者であっても普段BRTに乗車しない人は多い。  
全参加者が交通渋滞を日立市の課題と認識しており、BRT利用している人は定時性を評価している（表 9-7）。

表 9-7 グループインタビューの実施結果（普段の移動の状況・BRTの利用状況）

区分	主な意見
参加者	<p><b>【BRTは利用していない】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●電車は使うがバスはほとんど乗らない。</li> <li>●職場までは車。基本車でバス・電車はあまり使わない。</li> <li>●<u>周囲には、バスの停留所にたどり着くのすら厳しい高齢者も。</u></li> <li>●年配になると病院通いも多くなるだろうが、現状母親を病院に送迎するには車になる。</li> </ul> <p><b>【BRTを利用している・している人の話を聞く】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●子どもと利用。将来的には学校を選択する際にBRTで通えるところにする。</li> <li>●沿線に住んでおり大甕から多賀まで通学で開通してからずっと使っていた。</li> <li>●家内は時々利用。<u>以前の通勤のバスに比べて正確に来るので使い甲斐があると言っている。</u></li> </ul>
非参加者	<p><b>【BRTは利用していない】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●BRTは良いとは思いますが、乗ったことがない。<u>沿線に行く場所がないのが一番の理由。</u>免許返納した際には利用も検討。</li> <li>●子どもとプールにBRTで行こうと思ったが、荷物が多くて車でいった。<u>乗車経験がなかったので時間等がわからないことも理由。</u></li> <li>●友人でも使っている人の話は聞いたことがない。</li> </ul> <p><b>【BRTを利用している・している人の話を聞く】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●BRTは日常必要。BRTが運行するという段階で免許は返した。</li> <li>●近くは車で行って、遠くは公共交通。BRTがあればBRT、電車があれば電車。</li> <li>●知り合いに通勤で使っている人がおり、定刻に来るし便利だと言っていた。</li> </ul>

(2) 体験を通じた、ひたち自動運転 BRT への評価

思ったより速い・スムーズという肯定的な意見、課題はあるが許容範囲であるという意見がある一方、課題として特に加減速がスムーズでない箇所があったことを挙げる意見が聞かれた（表 9-8）。

表 9-8 グループインタビューの実施結果（ひたち自動運転 BRT への評価）

区分	主な意見
参加者	<p><b>【好感】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>●速度は 40km/h は超えていたと思う。<u>違和感は無かった。</u></li><li>●自動運転システムは、乗り合いバスができた時に初めて運転した運転手と同じと思うので、これからの成熟に期待。</li><li>●有人と比べてそれほど違いを感じなかった。</li><li>●<u>ポンチョの時に乗ったが、今回普通に走っている分には変速も減速もスムーズで進歩を実感。</u></li><li>●有人の所要時間と自動運転の所要時間の違いは全区間で 6 分程度らしい。6 分なら迷惑にはならないのでは。</li><li>●制御に AI が入ってくればよくなると思う。基本的に実証実験で 1 週間 2 週間走ってもデータとしては取れないので、<u>1 年 2 年の単位でどんどん走らせていかないと良くなっていかない。</u></li><li>●<u>今の水準だと BRT の専用空間が確保されているところだと使えるのかな</u>と思った。</li><li>●できる範囲でやっていくしかない。体験して繰り返して理解してもらって…ということが必要。</li></ul> <p><b>【課題】</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>●<u>交差点に差し掛かると結構急に止まったり、急に発進したりする。そこが課題</u>だと思った。</li><li>●<u>不意に止まるときはやっぱりガクンガクンとなったのでそこは改良が必要</u>のかなと。</li><li>●坂が結構、難所があった。冬になったらどうなるのか。雪が降った時が心配。</li><li>●BRT 専用と言いつつ、交差点があるので止まり過ぎかなと。</li><li>●<u>人を感知するスピードが鈍い</u>感じを受けた。</li><li>●今日は親子連れがいて、親が身体から離さなかったが、離して座らせたかどうか。子どもの年齢によっても注意点が変わる。</li><li>●今日間違えて有人バスに乗ってしまった、<u>デザインが決まって統一されると見ている人も乗る人も全員分かる。</u></li><li>●大沼のあたりで二車線の大通りで交差するところで、青信号でもいけないとかあったし、小型車が信号のないところで行こうとして運転手が急遽ブレーキを踏んで対応していたのが危ないと思った。</li></ul>

(3) 自動運転への評価

自動運転の安全性への期待は参加者・非参加者の双方から聞かれた。

参加者からは本数の増加など併せて実施すべき施策の意見、非参加者からは安全性が確保されるまで乗りたくないと言う慎重な意見が聞かれた（表 9-9）。

表 9-9 グループインタビューの実施結果（自動運転への評価）

区分	主な意見
参加者	<p><b>【期待－本数の増加・早朝深夜の増便を期待】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●公共バスも運転手不足。<u>自動運転によって本数が増えると良い。</u></li> <li>●<u>深夜・早朝労働の部分を自動運転がカバーすることによって事業者もバスを出しやすく本数を設定してくれるのでは。</u></li> <li>●飲みに行くとき帰りバスがなくて歩いて帰る人が多い。無人にできるなら夜遅い時間にも走っていれば便利。</li> </ul> <p><b>【期待－運賃の安定を期待】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●将来的に人件費の高騰などの影響を受けず運賃が上がるリスクを抑えられる。</li> </ul> <p><b>【期待－その他】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●運転手とのやり取りが苦手という人が居る。人対人が苦手な方は乗りやすくなる。</li> <li>●日立では今まで機械産業が発達してきた。自動運転を契機に情報技術産業を誘致できれば活性化する。</li> </ul> <p><b>【期待しない－優先すること・併せて実施すべきこと】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●たとえ便利で有能だとしても、<u>本数増やすとか範囲広げるとかしないと使わない人が確実にいる。</u></li> <li>●周りの高齢者に足が悪くてバス停にもたどり着けない方がおり、高齢者を自動運転が救うとは正直思えない。</li> </ul>
非参加者	<p><b>【期待－自動運転の方が安全】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●<u>感覚としては人間の運転の方が安心するが、実際には自動の方が安全なのだろう。</u></li> <li>●最近年配者の事故が多いのでやっぱり自動の方が安全なのだろう。精度も年々良くなっていくだろう。</li> </ul> <p><b>【期待－BRTの良さ・公共交通の良さ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●以前の自動運転の実証実験に比べると、<u>BRTは他の車が入ってこないのは良い。</u></li> <li>●BRTは通勤の人からすると一番喜ばれる。時間が正確なので。それが自動になったら良い。</li> <li>●以前電鉄線があったという経緯もあるので、公共交通があるのがうれしい。</li> </ul> <p><b>【期待－時代の流れ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●時代の流れということで自動運転に抵抗はない。</li> </ul> <p><b>【期待しない－安全が確保されるまで】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●<u>乗らないと分からないと思うが、安全が確保されるまでは乗らない。</u></li> <li>●実証で実績を積み重ねながら路線を増やして欲しい。実績を積まないと終わっちゃう。</li> </ul>

(4) 利用するための改善点・アイデア

1) 車両・サービス

安全対策や情報提供に関連する様々なアイデアが出された。

旧日立電鉄の線路に沿った延伸のアイデアも出された。ただし BRT は混在交通区間の走行と異なり延伸は本来難しい。住民説明に際し BRT のメリット・デメリットの発信も重要である（表 9-10）。

表 9-10 グループインタビューの実施結果（車両・サービスの改善点・アイデア）

区分	主な意見
参加者	<p><b>【安全対策】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>若い女性からすると無人は怖い。</u> ボランティア等が車内に居て話しかけてくれたらなごむ。免許が不要という面で人件費も抑えられる。</li> <li>● ブースが仕切られていて一人だけ、みたいな席が欲しい。多少高めでもそういう需要はあると思う。</li> </ul> <p><b>【利便性向上】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● バスの後ろに自転車を積み、降りたいところで降りて自転車で走れるようにする。</li> <li>● キャリーケースを積みやすいようにするとか、固定しやすいようにする仕組みを考える。</li> </ul> <p><b>【車両デザイン】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>外装を一目でわかりやすいものに。</u></li> <li>● <u>猫バスにするとか全然違う感じにする</u>と割り込まれることもない。<u>ロボットが運転している体</u>に。</li> <li>● 子どもの描いた絵を中に貼って走らせるとか、このバスは〇〇幼稚園の展示をしています、といった表示をするのも良い。</li> <li>● 将来的に運転席なくなれば、前後が対称の車両が作れる。終点で車体を回す必要もなくなる。</li> </ul> <p><b>【走行中の周囲・車内へのアナウンスなど】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>商用車のように、曲がる時に「曲がります」と音声で周囲にアナウンスする。</u></li> <li>● <u>ナビゲーションで、周囲の車両に「自動運転エリアに入りました」と知らせる。</u></li> <li>● メロディーを流す。バスでメロディーを流して子どもたちが家から出てきて乗るとか。</li> <li>● 子どもが喜ぶ情報を。新幹線でも以前は時速〇〇km とか出していた。</li> <li>● モニターの情報が複雑。日立市だから関心の高い人は多いのでわかりやすく。</li> </ul> <p><b>【走行中のエンターテイメント】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● バスの中での観光案内。バスの中から海が見えない。バスの上空 50m からの景観をモニターにドローン撮影で映す。</li> </ul> <p><b>【バリアフリー】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 愛される、乗ってみたいと思われる仕掛けが必要。お年寄りから赤ちゃんまで優しいバスですよ、みたいなイメージが重要。</li> <li>● 自動運転でも人に優しい自動運転を心がける必要がある。</li> </ul> <p><b>【延伸】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>BRT が日立駅まで続いたら便利。</u> 日立には高校も多くあり電車も混んでいる。</li> </ul>

非 参 加 者	<p><b>【延伸】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 料金は高い。ただし日立まで行けるようなれば、BRT の場合は混み合わないというメリットが強みになるのではないか。</li> <li>● ドライバーの確保も大変だと聞くので、道路さえ確保できれば延伸できると良い。</li> </ul> <p><b>【安全対策】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>何かのときのために誰かが車内にいることは必要かと思う。</u>地震とか大雨とか台風とか。誰か一人は乗っていた方が安心。</li> <li>● 不審者は怖い。カメラが付いていても、何かあったときにパンチが出るわけではない。</li> </ul>
------------------	---

## 2) 機運醸成・利用促進策

安全対策や情報提供に関連する様々なアイデアが出された。

旧日立電鉄の線路に沿った延伸のアイデアも出された。ただし BRT は混在交通区間の走行と異なり延伸は本来難しい。住民説明に際し BRT のメリット・デメリットの発信も重要である（表 9-11）。

表 9-11 グループインタビューの実施結果（機運醸成・利用促進策）

区分	主な意見
----	------

<p style="text-align: center;">参加者</p>	<p><b>【地元ドライバーへの周知】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>自動運転が走ることを地元のドライバーと共有するキャンペーンは必要。</u></li> <li>● <u>信号の改善も必要。</u> バスがいて出たがっているということを明確に知らせられた方がよい。</li> </ul> <p><b>【利用者への周知】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>子どもがいる家庭はラインで子育て情報が発信されるので登録される方がいい。</u> 市民にフォローしてもらったらよい。</li> <li>● <u>日立は以前から小学校でバスの乗り方教室をやっている、バスに触れ合う機会があった。</u> このような接触機会は必要。</li> <li>● 日立製作所に行く人にはタクシー使う人も多いはず。工場でバス使ってもらいようにお願いし、ビジネス用回数券を配布する。</li> <li>● 今日せっかくあれだけの人が乗っていたのにパンフレットがないと思った。PR力が足りないのでは。</li> <li>● 2、3年前にポンチョの自動運転があったときは仕組みを解説するブースみたいなのがあった。</li> </ul> <p><b>【体験機会の提供】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 私自身は SNS で見ても何も思わない、<u>実際乗ってみてもらおう機会を設けるべき。</u></li> <li>● 希望者を募る回覧板に回してお誘いをする。学校を通じて親子で乗ってみませんか、とか。親子で乗る機会が重要。</li> <li>● 市内・県内の人に向けて、バスに何回乗ったらプレゼントを進呈するとか。</li> </ul> <p><b>【パッケージ商品化】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● おさかなセンターへの往復の乗車券と、飲食店でのお昼ごはんの割引をセットで販売する。</li> <li>● BRT 乗りながらのスタンプラリー。今は GPS 付きのスタンプラリーアプリがある。</li> </ul> <p><b>【モード間の接続の連携】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 鉄道との接続が BRT は本当ダメ。</li> </ul> <p><b>【イメージ】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>バスの延長上ではない、新しい時代の乗り物というイメージ付与が必要。</u></li> <li>● 安全が優先。多少遅くても少し待たされても、自動運転はこういうもので遅くてもしょうがないと思わせていく。</li> </ul> <p><b>【意識の醸成】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 自分が参加しているという意識も必要。</li> </ul> <p><b>【サポーター】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 大学生が多いので、大学生にバスサポーターを任命すると楽しい。</li> </ul>
<p style="text-align: center;">非参加者</p>	<p><b>【パッケージ商品化】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● おさかなセンターに車で来ている人は数多くいる。赤羽緑地の水芭蕉を PR した方がよい。菜の花畑が河川敷の方にあるがその PR もない。</li> <li>● PR は市報だけではきっと足りないと思う。見ない人もいるので、交流センターとか駅とかで掲示することが重要。</li> <li>● 今度さくらまつりをやるという情報も聞いているが PR がない。多分あれを見たら日立と言えば桜というのは頭に残るはず。</li> </ul> <p><b>【意識の醸成】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>日立電鉄がなくなって悲しい、だから今度はなくさないようにしていこうという意識が大事。</u></li> </ul>

#### 9.4. まとめ

##### (1) BRTの自動運転化は市民の受容という観点で適切

グループインタビューでは、渋滞が日立市の交通課題であるなかで現行のBRTの持つ定時性という長所が、普段BRTに乗車しない人からも評価された(表 9-7)。また、アンケートでは、現行のBRTを必要と評価する人の大半が自動運転化を有用と評価しており、現行のBRTを必要と感じてもらうことが、自動運転化の有用性を感じてもらうための必要条件となっていることが窺えた。

これらのことから、ひたちBRTの自動運転化は、日立市民から受け入れられやすい選択であると考えられる。

##### (2) BRTの持続策としての自動運転化の意義の訴求

グループインタビューでは、BRTのルートが日立電鉄の廃線跡であり、BRTを失いたくないという意見を聞かれた(表 9-11)。沿線住民は一度交通サービスを失った経験を共有していることから、「ドライバーが不要の自動運転は、BRTを存続させる手段である」という訴求の仕方が有効と考えられる。

##### (3) 新しい技術に柔軟な市民意識

今回の日立市での調査と昨年度の全国調査の比較では、自動運転による社会の変化への期待や、自動運転の制約に対する許容度合いの質問に対して、今回の調査結果の方が期待、許容度ともに高いという結果であった(図 9-10、図 9-12)。今回の調査は体験乗車を行った上でのアンケートであり、体験乗車を行っていない全国調査の結果と単純には比較できないものの、日立市民が新しい技術に柔軟であると考えられる。

グループインタビューでも、利用者を増やすためのアイデアや他地域の事例に関する参加者からの質問が数多く聞かれ、自動運転への関心の高さが垣間見えた。また、ある参加者からは、子どもの頃に小学校でバスの乗り方教室が開催された経験を有するとの意見も寄せられた。日立という地域特性に加え、地域でこれまで積み上げてきた交通教育などの蓄積の成果と言える。

他方、今回の実証実験に関して、「車内のモニターでの情報発信が複雑」「パンフレットがない」「前回の実証実験の際には自動運転を説明するブースがあった」など、情報提供の改善意見が複数寄せられた(表 9-10、表 9-11)。今後実証実験や本格実装を行う際には、市民の意識・関心が高いことを前提とした情報発信が必要である。

##### (4) 住民のアイデア・知恵の活用

グループインタビューでは、車両・サービス、その他の利用促進策について様々な市民からの改善アイデアの提起があった(表 9-10、表 9-11)。このようなアイデアの提起は市民の関心の高さが表出したものと考えられる。

今後の自動運転のサービス内容のブラッシュアップを検討する上では、例えば市民を巻き込んだワークショップなどの機会を設定して、市民のアイデア・知恵を十分活用す

ることが重要である。

### グループインタビューで寄せられた、利用促進のアイデア

(表 9-10、表 9-11 より抜粋し再掲)

- 本数の増加・早朝深夜の増便
- ドライバー以外の人配置（安全対策）
- バスの後ろに自転車を積み、降りたいところで降りて自転車で走れるように
- 外装を一目でわかりやすいものに（割り込まれないためにも）
- 子どもの描いた絵を中に貼って走らせる
- 将来的に運転席なくなれば、前後が対称の車両が作れる
- 曲がる時に「曲がります」と音声で周囲にアナウンスする
- 周囲にメロディーを流して接近を知らせる
- 車内のモニターの情報の改善
- バスの上空 50m からの景観をモニターにドローン撮影で映す
- 自動運転でも人に優しい自動運転を行う
- BRT が日立駅まで続いたら便利
- 自動運転が走ることを地元のドライバーと共有
- SNS での情報発信
- ビジネス回数券
- 親子で乗る機会が重要
- おさかなセンターへの往復の乗車券と、飲食店でのお昼ごはんの割引をセットで販売
- BRT 乗りながらのスタンプラリー
- 鉄道との接続の改善
- バスの延長上ではない、新しい時代の乗り物というイメージ付与が必要
- 自分が参加しているという意識も必要。

他方、グループインタビューでは複数の参加者から、利用者促進のアイデアとして「日立駅までの延伸」という意見が出た。日立電鉄の路線跡を走る経緯からして自然な発想ではあるものの、一方で BRT での自動運転の延伸には、走行空間を確保・整備する必要があるため、混在交通を走行する自動運転と比べてハードルが高い。市民のアイデアを求める機会では、BRT の自動運転化のメリット・デメリットなど、より有効な議論が行えるよう議論の土俵を明確にすることが重要である。

## 多様化編

# 第1章 多様化検討の概要

## 1.1. 多様化検討におけるタスクフォース

令和3年度タスクフォースでは、2025年度までに多様なエリアで多様な車両を用いた無人自動運転サービスを50か所程度で実現することを目標に自動運転車両が担うサービス・事業の類型化、サービス提供を考慮したODD設定プロセス等を検討した。

令和4年度人の移動に関するタスクフォースは、令和3年度タスクフォースでの検討結果や令和4年度初頭に実施した自動運転関連事業者へのヒアリング結果を踏まえ、主要な事業者との意見交換、情報共有、合意の場として位置づけられ開催された。自動運転移動サービスの実装に向けた人の移動に関するADMaaS社会実装の手引きや安全設計・評価ガイドブックといった自動運転移動サービスの実装時に参考となる手引きやガイドブックの記載内容について、各テーマやWGの検討結果をタイムリーに情報共有し第1版にあたる人の移動に関するADMaaS社会実装の手引き、安全設計・評価ガイドブックを作成した。

### 1.1.1. タスクフォースの目的

令和4年度タスクフォースの開催にあたり、令和4年度初頭に実施された自動運転関連事業者へ全国への横展開に向けて、ADMaaSの導入意欲が高まっている地域や事業者の把握、社会実装に向けて直面している課題の抽出、今後の各事業者の計画の確認を目的として、ヒアリングを実施した。各テーマにて検討されている内容に関する指摘や社会実装に向けたプロセスの明確化、関連するルール等対応が必要な諸課題、事業面における支援等幅広い回答を得られた。

そこで、令和4年度タスクフォースの目的は、人の移動に関するADMaaS社会実装の手引きや安全設計・評価ガイドブック等の作成に向け、総合調整コンソ、テーマ1、2、4での検討内容をタイムリーに主要事業者へ共有し、協調領域における合意を得ることとした。

### 1.1.2. タスクフォースの位置づけや体制

令和3年度タスクフォースはテーマ2における多様化検討の一環として設立されたが、令和4年度以降はL4プロジェクトの各種成果を活用し自動運転移動サービスの実装をより推進していくため、L4プロジェクトをとりまとめるコーディネート機関のもと主要な事業者との意見交換、情報共有、合意の場として位置づけ設立した。

タスクフォース委員には乗用車OEM、大型車OEM、自動運行装置開発事業者や運行事業者に加え、令和4年度は新規に自動運転移動サービス実装に意欲のある交通事業者とも連携を図りながら検討を進めた。図1-1にてタスクフォースを取り巻く体制について示す。

また、令和5年度以降自動運転移動サービスの実装に対して意欲のある自治体を加えた体制とすることを継続的に議論する。

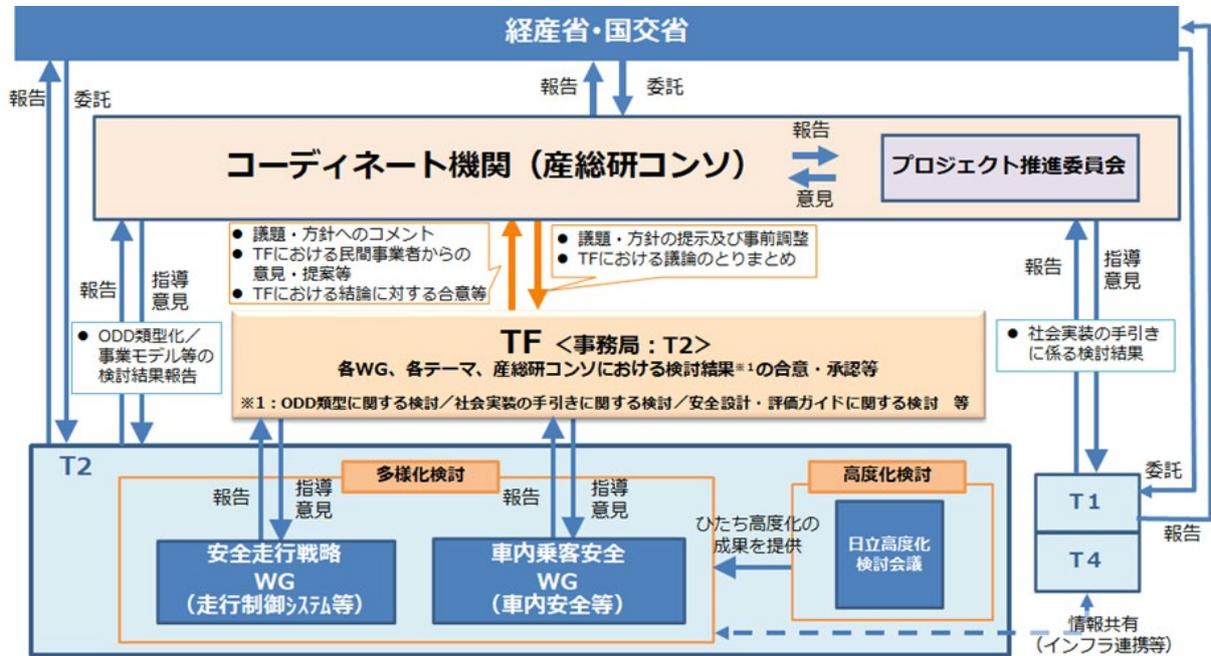


図 1-1 令和4年度人の移動に関するタスクフォースを取り巻く体制図

### 1.1.3. タスクフォースの開催実績

令和4年度は全3回のタスクフォースを実施した。実施したタスクフォースの日時、会議形態、議事内容、会議の様子について次項以降に示す。

表 1-1 令和4年度タスクフォースの開催実績

回数	日時	会議形態（場所）	議事内容
1	2022/11/4（金） 13:00～15:00	【対面・WEB会議併用】 （対面）日本工営（株） 本社会議室 2S-16、17 （WEB）Teams 会議	1. 開会挨拶 2. 議事 • 設立趣意書（案）及び規約（案）について • 令和4年度 Task Force および Working Group の進め方 • 安全走行戦略 WG・車内乗客安全 WG の進め方 3. 各社からのコメント及び事務局からの回答 4. 閉会
2	2022/12/26（月） 16:00～18:00	【対面・WEB会議併用】 （対面）国立研究開発法人 産業技術総合研究所 経産省別館 10階 大会議室 1007室 （WEB）Teams 会議	1. 開会挨拶 2. 議事 (1) 令和4年度第1回タスクフォースの振り返り (2) 各テーマにおける検討状況の報告 • 各テーマからの情報提供の趣旨説明 • 産総研コンソからの情報共有 • T1からの情報共有 • T2からの情報共有 • T4からの情報共有 3. 各社からのコメント及び事務局からの回答 4. 閉会
3	2023/3/9（木） 10:00～12:00	【対面・WEB会議併用】 （対面）日本工営（株） 本社会議室 2S-16、17 （WEB）Teams 会議	1. 開会挨拶 2. 議事 (1) L4プロジェクトにおける令和4年度タスクフォースの活動実績及び次年度計画 • 第2回タスクフォースの振り返り • 令和4年度タスクフォースの活動実績 • テーマ1、2、4の検討成果 • RoAD to the L4プロジェクト HP • 令和5年度 TF/WG の活動方針 (2) 国交省からの共有 3. 質疑応答 4. 閉会



図 1-2 対面会場の様子（第 1 回タスクフォースより）

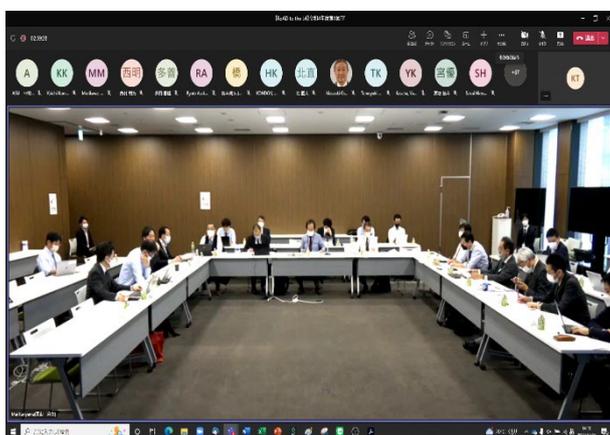


図 1-3WEB 画面の様子（第 1 回タスクフォースより）

#### 1.1.4. 成果概要

##### (1) 人の移動に関する AD MaaS 社会実装の手引き

###### 1) 目的・位置づけ

各テーマの成果、産総研コンソの検討結果、過去の成果（パターン化参照モデルや自動運転車の安全技術ガイドライン等を踏まえた検討結果）を束ね、AD MaaS の社会実装のプロセスにおいて、各プロセスで有益な情報を記載した参考書とする。

地域の移動課題を踏まえた事業目的の設定段階から持続可能な社会実装段階に至るまで、一気通貫でプロジェクトに係る事業者・自治体が把握すべき項目を含めた L4 自動運転移動サービスの社会実装を支援する参考書として位置付ける。また、社会実装に向けたプロセスのイメージを図 1-4 に示す。

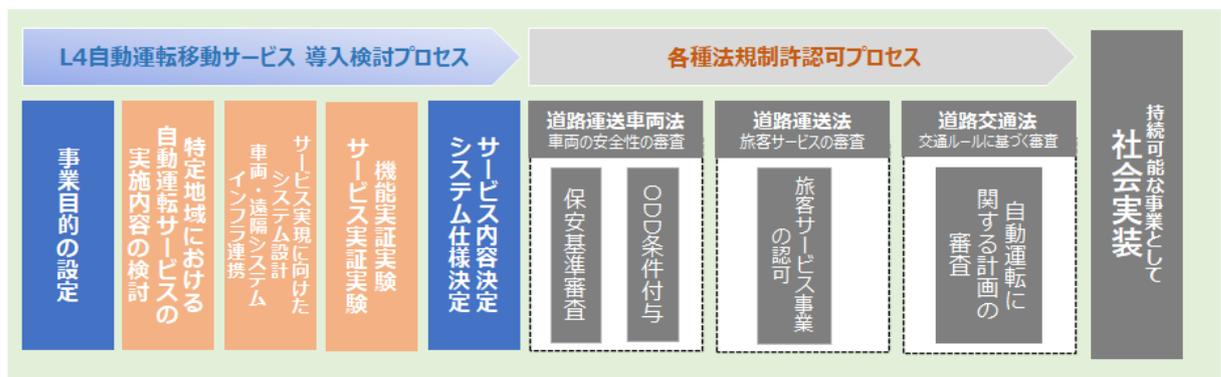


図 1-4 L4 自動運転移動サービスの社会実装に向けたプロセスのイメージ

###### 2) 全体構成

L4 プロジェクトコーディネート機関の事業者ヒアリングの結果を踏まえ、人の移動に関する AD MaaS 社会実装の手引きの目次について表 1-2 の通り整理した。

表 1-2 人の移動に関する AD MaaS 社会実装の手引きの目次

人の移動に関するAD MaaS社会実装の手引きの目次		想定読者
(0) 事業目的の設定	各モデルの移動サービスの概要 (サービス提供者/内容/提供価値/想定利用者/主な想定費用・収入) 移動サービスの付加価値	交通事業者 地方自治体
(1) 自動運転移動サービスの枠組み	各モデルの運行範囲と車両・インフラの仕様 (車両・自動運転キット仕様/遠隔システム仕様/インフラ仕様)	システム開発者 車両開発者 交通事業者
(2) 安全性の確保に向けた設計	移動サービスの運営に携わる主体 MaaSリスクアセスメント 車両・システムの安全性 (おもに道路運送車両法) 道路交通における危険防止 (おもに道路交通法) 運送時の車内乗客の安全性 (おもに道路運送法)	システム開発者 車両開発者 交通事業者
(3) 役割分担/責任区分	自動運転車両と遠隔との役割分担 自動運転車両とインフラ関係の役割分担 運行事業者の役割範囲	システム開発者 車両開発者 交通事業者 地方自治体
(4) 事業成立性の検討	移動サービスの運用費用 (自動運転システム/遠隔システム/インフラシステム) 適切な事業形態の設定 AD MaaS導入による費用圧縮が収益に与える効果 移動サービスの投資回収見通し	交通事業者 地方自治体

令和5年度以降の検討では、目次内容の網羅性や人の移動に関する AD MaaS 社会実装の手引きのターゲットを整理し内容の拡充について検討する必要がある。

## (2) 安全設計・評価ガイドブック

### 1) 目的・位置づけ

人の移動に関する AD MaaS 社会実装の手引きの一部として、AD MaaS の導入を新規に検討する主に自動運転システム開発者の参考となることを目的とする。ただし、章によって交通事業者や自治体等に対しても参考となるような内容が含まれることを想定している。

AD MaaS 用車両に関して、適切な安全性を有する自動走行可能な車両の設計方法や車両の評価方法に関する内容を記載する位置づけとする。

### 2) 全体構成

主に人の移動に関するタスクフォースに紐づく安全走行戦略 WG やテーマ2 コンソーシアムにおいて全体構成について議論・検討を進め、第1版を作成するにあたりタスクフォース委員や関係省庁との調整を踏まえ全体構成を作成した。詳細については高度化編3章を参照のこと。

## 1.2. 運用ガイド検討

事業推進者が自動運転移動サービスを安全に運用するためには、車両の機能限界を運用方法の工夫によって補う必要が発生する可能性がある。しかし、運用で車両の機能限界を補う場合自動運転に関する専門的な知識を求められる。そこで事業者が自動運転移動サービスを安全に運用するための指針を示した運用ガイドの作成について検討を行った。

令和4年度タスクフォースやWGでは人の移動に関するAD MaaS社会実装の手引きや安全設計・評価ガイドブックが発行される。自動運転移動サービスの実装に向けた参考書が煩雑になることや運用ガイドのみでは他の要素技術等との関連性が不明瞭になることが懸念される。

そこで、令和5年度以降人の移動に関するAD MaaS社会実装の手引きや安全設計・評価ガイドブックへの内容統合を継続検討していく。

## 第2章 無人自動運転移動サービスの多様化検討

### 2.1. 無人自動運転移動サービス内容の多様化

無人自動運転移動サービス内容の高度化の検討と並行して、多様なエリアで、多様な車両を用いた無人自動運転移動サービスを多地域で展開することを念頭に、タスクフォースでの議論を踏まえ、2021年度に整理したサービス類型の見直しを行った。

#### 2.1.1. サービス類型の2021年度における整理

##### (1) ODD 類型化

###### 1) ODD 類型 (サービス)

タスクフォースで委員へ確認した ODD を分類する上での優先度の高い分類項目、意見照会結果を踏まえ、サービスの類型化と代表的な移動サービスユースケースを検討した。

###### 2) ODD 類型 (走行環境)

タスクフォースで委員へ確認した ODD を分類する上での優先度の高い分類項目、意見照会結果を踏まえ、道路環境および走行環境のうちの交通外乱(交通参加者、その他)、走行環境のうちの交通外乱(その他)、認識外乱(天候)に起因する代表的な自動走行ユースケースを整理した。

###### 3) ODD 類型化によるモデル地域選定

タスクフォースでは、網羅的にサービスや道路環境をカバーするため新たなモデル地域の検討が必要である。モデル地域を選定するために、前述の ODD 類型化結果(サービス、走行環境)を集約した。

	サービス分類要素			道路環境					
	移動エリア・ネットワーク	移動速度	車両タイプ	交通規制×道路構造					
				専用		優先		混在	
			単路	交差点	単路	交差点	単路	交差点	
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; margin-right: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">地方部</div> <div style="margin: 5px 0;">↑</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">単純</div> </div> </div>	拠点施設間	中高速※	中・大型バスタイプ	○	○	○	○	○	○
		中高速	乗用タイプ	-	-	-	-	○	○
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; margin-right: 5px;">↑</div> </div>	地域拠点～地域内	低速	カートタイプ	○	○	-	-	○	○
		中低速	小型バスタイプ	_ODD類型Ⅰ_		_ODD類型Ⅲ_		○	○
		中速	乗用タイプ	(モデル地域：永平寺町)		(モデル地域：要検討)		○	○
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; margin-right: 5px;">↑</div> </div>	ターミナル～地域拠点	中速	中・大型バスタイプ	○	○	○	○	○	○
		中高速	乗用タイプ	-	-	-	-	○	○
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; margin-right: 5px;">↑</div> </div>	市街地～ターミナル	中低速	小型バスタイプ	-	-	○	○	○	○
		中速	中・大型バスタイプ	-	-	-	-	○	○
		中高速	乗用タイプ	_ODD類型Ⅱ_		_ODD類型Ⅳ_		○	○
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; margin-right: 5px;">↓</div> </div>	市街地内	低速	カートタイプ	-	-	-	-	○	○
		中低速	小型バスタイプ	-	-	-	-	○	○
		中速	乗用タイプ	(モデル地域：ひたちBRT)		(モデル地域：柏の葉)		○	○
		中速	乗用タイプ	-	-	-	-	○	○

緑：ひたちBRT (移動速度：中速、車両タイプ：中型バスタイプ、道路環境：専用(一部一般道との交差点部；混在あり))  
 青：永平寺町 (移動速度：低速、車両タイプ：カートタイプ、道路環境：専用(一部一般道との交差点部；混在あり))  
 橙：柏の葉 (移動速度：中速、車両タイプ：中型バス、道路環境：混在)  
 ※：高速は混在空間のみが該当する

図 2.1.1-1 ODD 類型化結果の集約

(2) サービス類型の検討

1) 車両タイプと運行形態等の考え方

これまでの自動運転サービスの現地実証実験の実績、タスクフォース委員へのヒアリングから、車両タイプと移動速度、運行形態、立席の有無の考え方を整理した。以下に整理した結果を示す。

表 2.1.1-1 車両タイプと運行形態等の考え方

車両タイプ	移動速度	運行形態	立席の有無
カート	低速	定時定路線、デマンド (エリア・運行時間帯固定)	なし
小型バスタイプ	低速・中速	定時定路線	あり
中・大型バスタイプ	中速・高速	定時定路線	あり
乗用タイプ	中速・高速	定時定路線、デマンド (エリア・運行時間帯固定)	なし

2) 移動エリア・ネットワークの考え方の整理

サービスを検討する上で重要な要素と想定される移動エリア・ネットワークについて、認識の共有化を図るため考え方を整理した。

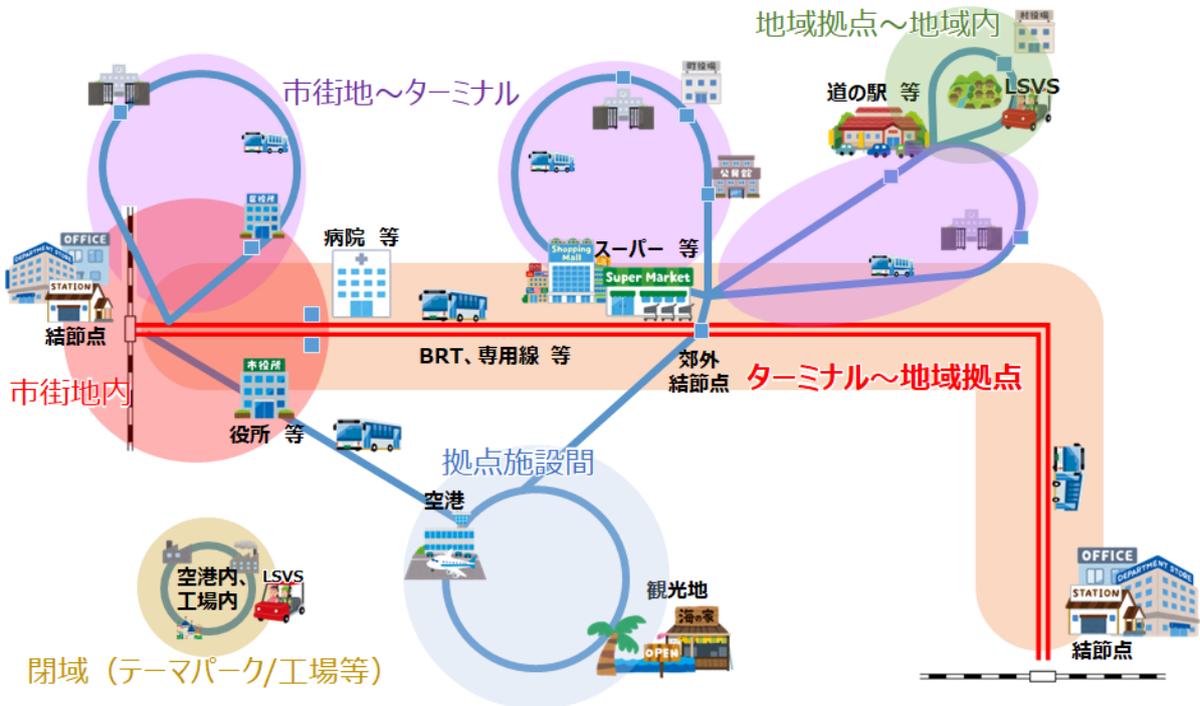


図 2.1.1-2 移動エリア・ネットワークイメージ

### 3) サービス類型案の検討

2025年度までの社会実装を目指す時間軸、バス事業者及び自治体へのアンケート・ヒアリング調査結果の分析より整理した課題、ニーズ、タスクフォースの委員に確認したサービスを検討する上での優先度の高い分類要素から無人自動運転移動サービスのサービス類型案を検討した。

## 2.1.2. サービス類型の見直しの検討

### (1) サービス類型の考え方の方針変更

2021年度の検討においては、2025年度までに多様なエリアで、多様な車両を用いた無人自動運転サービスを40箇所以上で実現することを目標に、TFでの議論を推進しており、目標達成に向けて、社会実装を目指す事業者間で、協調領域における社会実装に必要な事項の基本的な考え方について整合を図れていないことが課題であった。また、基本的な考え方の整合にあたっては、ODD（想定されるサービスや走行環境）やODDに対応するシステム構成は多岐に渡ることを課題として認識し、効率的に考え方の整合を図るために、適切な粒度で類型化することが重要であるという考え方を整理した。そして、この考え方に基づき、前述のとおりODD類型化やサービス類型案を検討した。

上記の考え方は、演繹的アプローチで2025年度40箇所実現を目指す考え方であったが、2022年度に入り、『令和4年度「無人自動運転等の先進MaaS実装加速化推進事業（無人自動運転等の先進MaaS実装加速化のための総合的な調査検討・調整プロジェクト）」』（以降、総合調整）より、ODD類型化の考え方の方針の見直しが示された。目標時期である2025年度が迫ってきていることから、すでに検討が進んでいる個別案件に着目する帰納的アプローチを用いて検討を進めるという方針である。したがって、本業務においては、2021年度の検討からの継続による2025年度50箇所程度の実現に向けたODD類型の見直しは、総合調整が主体となり検討を推進することになった。

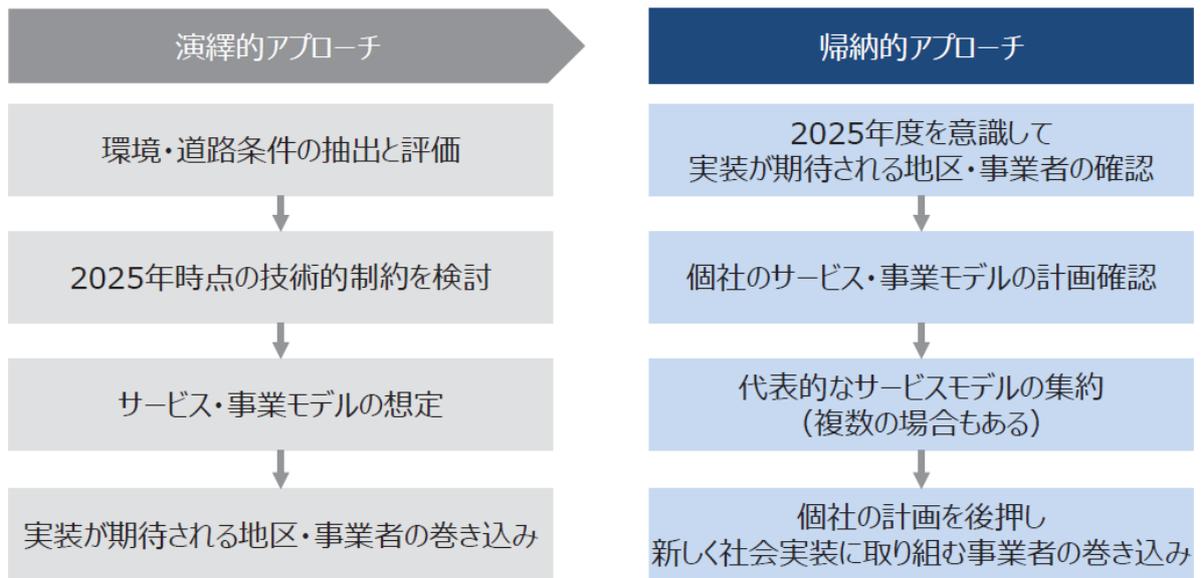


図 2.1.2-1 ODD 等類型化の考え方

## 第3章 走行環境、運行条件の整理、評価条件の整理・評価

### 3.1. 安全設計・評価ガイドブックの開発

自動運転システムの開発においては車両、センサ、ソフトウェア、ハードウェア、通信、制御など多様な技術知識や開発経験が必要となる。自動運転移動サービス車両の実用化に向けて精力的に取り組んでいるスタートアップ系企業やIT系企業では、ソフトウェアを中心とした制御システム開発能力には長けているものの、自動車メーカーやサプライヤ等に比べて自動運転車両の安全設計・評価に係る知識や経験が不足し、確実かつ効率よく安全性を確保することが難しく安全性にバラツキが生じる懸念がある。また、50ヶ所100ヶ所と普及拡大に向けては、今後優れたアイデアや意欲のある事業者が積極的に参入するために、不足する安全設計・評価に係る知識を形式知化し共有する必要がある。関連するドキュメントは、既に国土交通省からは「自動運転車両の安全技術ガイドライン」、「ラストマイル自動運転車両システム基本設計書」、「限定地域での無人自動運転移動サービスにおいて旅客自動車運送事業者が安全性・利便性を確保するためのガイドライン」や、日本自動車工業会からは「自動運転の安全性評価フレームワーク」が示されている。基本的には、それらの記載項目や内容との整合を図りつつ、さらに国際基準や標準の審議動向にも配慮し、自動運転移動サービスの安全設計・評価に必要な情報を補う「参考書」の位置づけに相応しい内容とすることが望ましい。

2022年度は、RTL4テーマ2タスクフォースの元に安全走行戦略WGを新設し、安全設計・評価ガイドブック第1版の公開を目標に、そこに記載し関係者で共有すべき項目や内容について検討した。また、ガイドブックが有効に活用されるための参考情報として、実際に自動運転移動サービス車両を開発している事業者の協力を得て、その開発プロセスや実施内容を調査した。

#### 3.1.1. 安全走行戦略WGの活動

##### (1) 安全走行戦略WGの目的

自動運転移動サービスの安全設計・評価を確実かつ効率よく実施するための、協調領域の課題として、以下の2点について整理・具体化すると共に、関係者間で一定のノウハウとして共有・共通認識化する。また、これを通じて「安全設計・評価ガイドブック」の作成・公表を目指す。

- 1) 「協調領域の範囲」と「協調領域で用いる技術に求められる要件」
- 2) 「安全確保のために必要となる走行環境・ルール等に関する考え方」

##### (2) 参加者

安全走行戦略WGでは自動運転移動サービスや自動運転車両、自動運転システムの開

発に取り組む事業者や団体などの意見を広く取り入れるため、委員には国内自動車メーカ、自動運転車両・システム開発事業者、自動車工業会、ITS-Japan、東京大学などが参加。オブザーバとして、交通事業者、自動運転車両・システム開発事業者、関係省庁、テーマ2関係者などが参加した。

### (3) 活動日程と主な審議内容

#### 1) 第1回安全走行戦略WG(2022年11月30日)

- ✓ 「人の移動に関するタスクフォース」に対するWGの位置づけ・WG活動の目的・スケジュール・進め方、秘密保持等規約の確認と、主な論点の確認
- ✓ ひたちBRTにおける歩行者脇と交差点通過の検討事例の紹介

#### 2) 第2回安全走行戦略WG(2022年12月22日)

- ✓ 論点の確認と議論の進め方についての討議
- ✓ 歩行者脇、交差点通過の安全走行戦略についての討議
- ✓ 機能安全(Functional Safety)、意図した機能の安全性(SOTIF)、サイバーセキュリティ(CS)に関する情報共有

#### 3) 第3回安全走行戦略WG(2023年1月23日)

- ✓ 安全走行戦略検討課題と検討の進め方に関する討議
- ✓ 「自動運転システムの起動手順および自動運行終了移行手順に関するストラテジー」と「遠隔監視への要件」に関する課題の整理
- ✓ 機能安全、SOTIF、CSにおいて協調して取り組むべき課題に関する討議

#### 4) 第4回安全走行戦略WG(2023年2月27日)

- ✓ 前回(第3回WG)の議論整理：歩行者脇・交差点通過の安全走行戦略に関するWGメンバー意見の整理
- ✓ 安全設計・評価ガイドブックの概要と開発計画に関する討議
- ✓ 安全走行戦略WGの今期活動総括と今後の進め方に関する討議

### (4) 主な検討項目と内容

#### 1) WGの取り組み方針

##### (A) 自動運転移動サービス社会実装における安全確保に関する基本的な考え方

車両システムの簡素化や類型化(標準化)が重要である。車両技術の高度化に加えて、道路環境やルール整備、周辺住民や利用者等の社会受容性醸成等との組合せにより、必要な安全性を確保しつつ事業性との両立を目指す。一方で、安全は車両・サービス開発者が主体で、特に「設計」で作りこむことが重要。第三者評価は安全性の確認であって、安全を確保・保障するものではない。

##### (B) 車両やサービス「個別」と「共通」の考え方

WGでは、車両や走行場所等の違いを超えて「共通する考え方」を整理することを第一義の目的とする。ただし、議論の進め方は、個別の取り組み事例に関する情報を共有し、具体例ベースでイメージを共有した議論を通じて、「共通する考え方」の導出を目指す。

### (C) 「競争」と「協調」の考え方

「必要な安全性」や「安全走行戦略」の考え方は協調領域として共有されるべきものである。一方で、ODDの制約が少なく多様な走行環境に対して必要な安全性が確保されているとか、同じ機能や性能でも安価で耐久性が高いなどは競争領域である。また、「車両外の歩行者や一般車両とのインタラクションにおける振舞いを決める考え方は協調領域で、センシングなど実現する手段は競争領域ではないか」など、競争と協調の境界に関する考え方や課題について検討する。

#### 2) 安全走行戦略検討事例

自動運転移動サービスの社会実装において高い確率で存在し、かつ安全走行戦略の主要な課題が含まれているケースについて、テーマ2ならびにテーマ4での検討内容を踏まえて、検討のポイントを示した。

#### (A) 歩行者脇を通過するケース (図 3-1)

- ✓ 基本は、歩行者と車両間の前後&横方向の距離によって車両の通過速度を決定か
- ✓ 歩行者飛出しはADAS議論との整合から5km/hでの真横飛出しに対応が必要か
- ✓ 遮蔽物で見通しが悪い場合には、そこに歩行者が存在することを想定して走行か
- ✓ ガードレール等で歩車分離が進んだ状況で歩行者の状態から飛び出しが難しいと判断できる際は飛出しの想定は不要か衝突が避けられない危険ゾーンに歩行者がいる場合は、徐行又は停止するか
- ✓ 夜間・雨天の路上での横臥者など、発見が難しいケースをどの程度考慮すべきか

## ◆走行環境

### ✓並走する歩道がある自動運転車両専用路

- 車道と歩道を分離する路肩 → 複数の種類がある
  - 白線のみ/縁石あり/ガードレール(隙間あり) /ガードレール(隙間なし)

## ◆走行方法の基本的な考え方

### ✓車両の走行速度

- 歩行者と車両間の前後&横方向の距離に基づいて決定

### ✓潜在的な危険性

- 歩行者が5km/hで真横に飛び出してくると想定
  - 接触・衝突が避けられない**危険ゾーン**に歩行者がいる場合 → **徐行または停止**
  - **危険ゾーン**に歩行者が存在する状態が長時間継続した場合 → **自動運行終了**



歩行者脇通過シーンの再現

## ◆検討のポイント

### ✓歩行者飛出しの想定範囲

- 「5km/hでの真横飛出し」でいいのか ← ADASでの議論に基づく

### ✓危険予知運転の考え方

- **状況1**：遮蔽物等で見通しが悪い場合

→ そこに歩行者が存在することを想定して走行 (= 遮蔽物との横距離に応じて徐行)

- **状況2**：ガードレール等で歩行者の飛び出しが難しくなる場合

→ すり抜けの容易性に応じて走行速度を変える

- **状況3**：夜間・雨天の路上での横臥などがある場合

→ 発見困難かつリスク(傷害度、頻度等)を論理的に説明しにくい → どう考慮するか

- **一般路への展開**

- 今回はひたちBRTバス専用路が検討事例 → 一般路走行にそのまま展開可能か否か

- ADASは衝突回避、ADでは危険回避を考慮する必要が無いか?
- 道路構造や天候、車両(歩行者からの視点)、慣習等の違いについて考慮不要か?

極低速衝突の傷害度は従来乗用車開発のスコープ外

永平寺町では、衝突検知後の最大制動で最善を尽くすことも考慮されている

図 3-1 歩行者脇を通過するケース

## (B) 信号のない交差点を直進して通過するケース (図 3-2)

- ✓ 基本は、交差交通車両の位置と速度から、交差点進入の可否を判断か
- ✓ 見通し距離内の交差車両が突然加速することは想定しなくて良いか
- ✓ 交差点進入開始の後に交差交通車両が加速してきても、止まらず走行継続か
- ✓ 必要な見通し距離が得られない場合にはどのように対応するか
- ✓ 自車が優先道路、非優先道路を走行する場合にそれぞれどのように対応するか
- ✓ 交差交通車両が交差点手前等で停止し、先に行かせようとしている場合の対応はどうあるべきか

## ◆走行環境

### ✓自動運転車両の専用路と一般車道（交差点）との交差点

- 交差点の見通し：見通しが良い場合、必要な見通しが効かない場合があり
- 道路の優先関係：交差点が優先の場合、非優先の場合があり



## ◆走行方法の基本的な考え方

### ✓交差点進入の可否判断

- 交差車両の位置と速度から交差点進入の可否を判断

### ✓交差点進入後の挙動

- 進入後は速やかに通過

### ✓ポイント

- 優先非優先ごとに手順が異なる

交差衝突の場合、車体側方に衝突を受ける側の車両速度を落としても傷害度への影響は少ない反面、通過に時間をかければ暴露時間が増加するのではないか？



無信号交差点直進シーンの再現

## ◆議論のポイント

### ✓関連法規：道路交通法・第36条、38条、42条

### ✓危険予知運転の考え方

- 交差車両の速度
  - 実勢速度（85パーセントイル速度）でよいか
- 道路の優先・非優先
  - 道路交通法・第36条の遵守を前提として、以下のことを仮定してよいか
    - » 自動運転車側が優先道路の場合：交差車両の減速・停止を期待する
    - » 交差車両側が優先道路の場合：交差車両が自動運転車に道を譲ってくれない
    - » 優先関係が分かりにくい場合：交差車両が左方優先（第36条第1項第1号）を遵守する
- 見通しの悪い交差点
  - 道路交通法・第42条の遵守を前提として、以下のことを仮定してよいか
    - » 自動運転車側が優先道路の場合：交差車両の減速・停止を期待して徐行しない
    - » 交差車両側が優先道路の場合：徐行する（＝交差車両が自動運転車に道を譲ってくれない）
- 歩行者がいる場合
  - 道路交通法・第38条の遵守を前提としてよいか

• 「実勢速度」を決めるための材料（交通データなど）や論証方法は？  
• 材料収集は負担が大きく、移動サービス開発計画の初期段階から計画されるべき重要項目ではないか？

図 3-2 信号のない交差点を直進して通過するケース

### (C) 信号のある交差点を右折して通過するケース（図 3-3）

- ✓ 基本は、対向車線走行車両の位置と速度、横断歩行者等の状況、右折先のスペースなどから、交差点進入の可否を判断か
- ✓ 渋滞なく車が流れている場合（自由流）、対向車線走行車両によって生じる死角に二輪車等が隠れていることを想定して走行することが必要か
- ✓ 対向車線が渋滞している場合（渋滞流）、死角の二輪車等が飛出してくる危険性が高まる。また、対向車が道を譲ってくれる場合もある。このように非常に高度な判断が求められる場合（阿吽の呼吸が必要なケース）の対応はどうあるべきか（事故リスク高く、技術的に対応が難しいケース）

◆**走行環境**

- ✓自動運転車両と一般車両の混在交通環境における交差点
  - ・対向車線の交通量
    - 渋滞流 / 低速の自由流 / 高速の自由流
  - ・右折先の状況
    - 停止車両あり / 横断歩行者あり / 自転車あり、etc。

◆**走行方法の基本的な考え方**

- ✓交差点進入・右折開始の可否判断
  - ・対向車線走行車両の位置と速度、横断歩行者等の状況、右折先のスペースなどに基づく
- ✓潜在的な危険性 = **接触・衝突**
  - ・対象：対向直進車両（車、バイク、自転車）、交差車両、歩行者など

一般運転者は、自車線以外の信号状況なども判断材料としている。仮にインフラから信号切替わり時間情報を貰えたとして、スムーズに走行するために活用することは可能か？妥当か？

◆**議論のポイント**

- ✓周辺交通の複雑な行動予測 → **容易ではない**
  - ・対向車両や右折先の交通参加者の行動をどのように予測するのが**妥当（合理的）**か。
- ✓危険予知運転の考え方
  - ・**状況1**：周辺交通が自由流の場合
    - 対向車の死角に、二輪車等が存在する可能性を想定する必要があるのではないか。
  - ・**状況2**：周辺交通が渋滞流の場合
    - 対向車の死角から二輪車等が飛出して危険性が高まる。
    - その一方で、対向車が道を譲ってくれる場合もある。
    - このような**非常に高度な判断**はどのように行うべきか。
  - ・**状況3**：インフラから死角情報が提供される場合
    - インフラからの情報の**精度は100%ではない**
    - 安全を担保するためには飛び出しがあるかもしれないという前提で運転をすべきか
    - サービスの**利便性低下に繋がる**恐れがある
    - 右折信号や優先道路などの**ルール化**が有効ではないか

図 3-3 信号のある交差点を右折して通過するケース

(D) 自動運転の起動と停止、レベル 4 走行が継続困難となった場合の手順

図 3-4 に、自動運転レベル 4 を想定した場合の、自動運転システム起動から停止までの基本的な状態遷移（案）を示す。自動運転システムが作動するためにいくつかの必要条件があり、その条件を満たさない状態に遷移した場合に、最終的に自動運転システム停止に至ることを示している。ここで、「走路上に障害物がない」の条件については、物体の大きさや形、状態などによって、自動運転車の走行にどの程度障害となるかを予め関係者で協議し、定義しておくことが安全上の重要ポイントとなることを付記する。

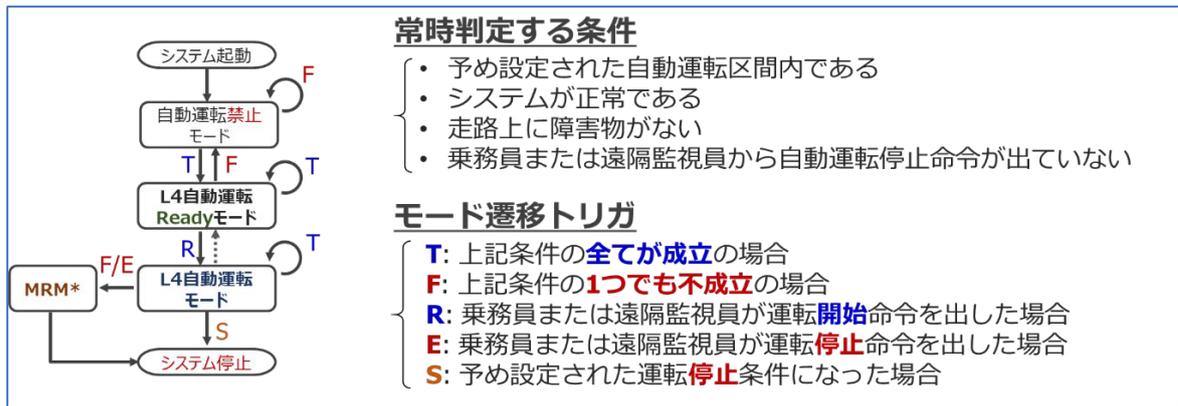


図 3-4 自動運転システム起動から停止までの基本的な状態遷移（案）

図 3-5 に、ひたち BRT を想定したレベル 4 自動運転バスの起動手順に関する検討事例を示す。ひたち BRT では、路線バス運行区間の両端に一般道路を走行する区間（自動運転の ODD 範囲外）が存在するため、「自動運転禁止モード」を設定した。

	営業所内車庫 ドライバー	バス専用区間外 ドライバー	バス専用区間 ドライバー 乗務員	
車両	停車中	走行開始 マニュアル運転中	(一時停車中)	レベル4自動運転中
走行環境	車庫内	ODD外	ODD内	
ドライバー・乗務員	始業点検	ドライバーが乗車し運転中	①乗務員が自動運転開始を指示	乗務員が乗車、あるいは非乗車
自動運転システム (自動運行装置)	電源上げ OFF	自動運転禁止モード	自動運転Readyモード	自動運転モード
遠隔監視システム			モード遷移を記録 ②遠隔監視員が自動運転開始を指示	モード遷移を記録

図 3-5 レベル 4 自動運転バスの起動手順に関する検討事例

図 3-6 に、レベル 4 自動運転バスの走路上に走行の妨げとなる障害物が検出され、走行継続が困難となった場合の対応検討事例を示す。実際には、障害物が歩行者などですぐに走路から退いて再び走行可能になる場合なども考えられるが、ここに示す事例では、障害物が一定時間を経過しても移動しないため、乗車している乗務員若しくは遠隔監視者が駆けつけて障害物を取り除く場合を想定して記載した。

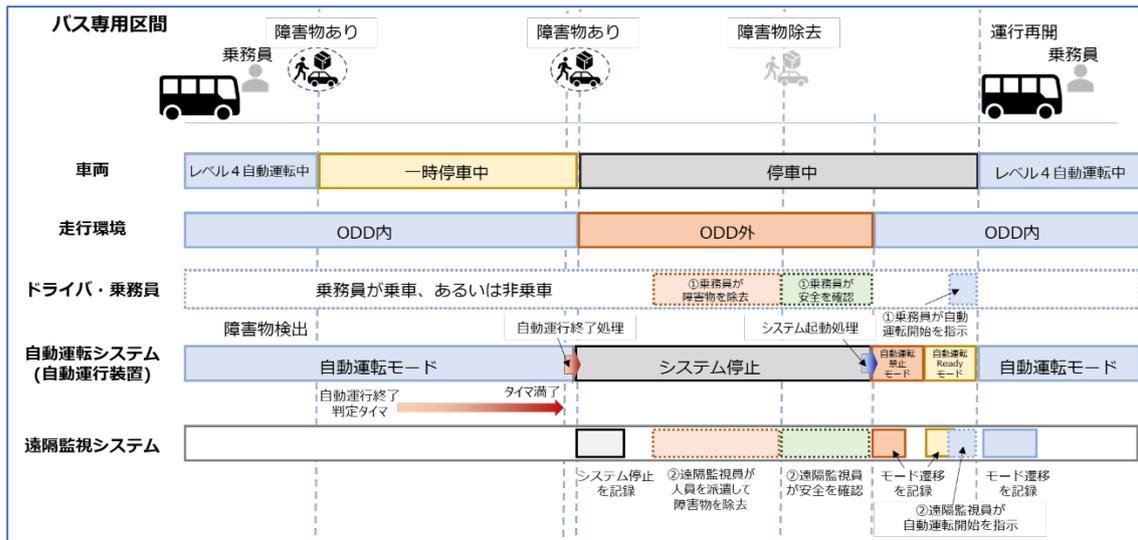


図 3-6 レベル 4 自動運転バスの走行継続が困難な場合の対応検討事例

図 3-7 に、安全走行戦略の具体化を進める上での「本質的な課題」を示す。

自動運転移動サービスの社会実装においては、周辺交通と完全に隔離された限定空間を除くと、他の交通参加者と接近して走行する状況を排除して考えることは難しい。その場合、自動運転車両は交通関連法規や交通マナーを遵守すべく設計されることは当然として、現状の交通社会では歩行者や自転車など含めた周辺交通参加者が交通法規を守らない行動も散見されるところ、そのような法令違反状態の他の交通参加者の行動をどこまで想定して対応する必要があるか、という難しい課題がある。

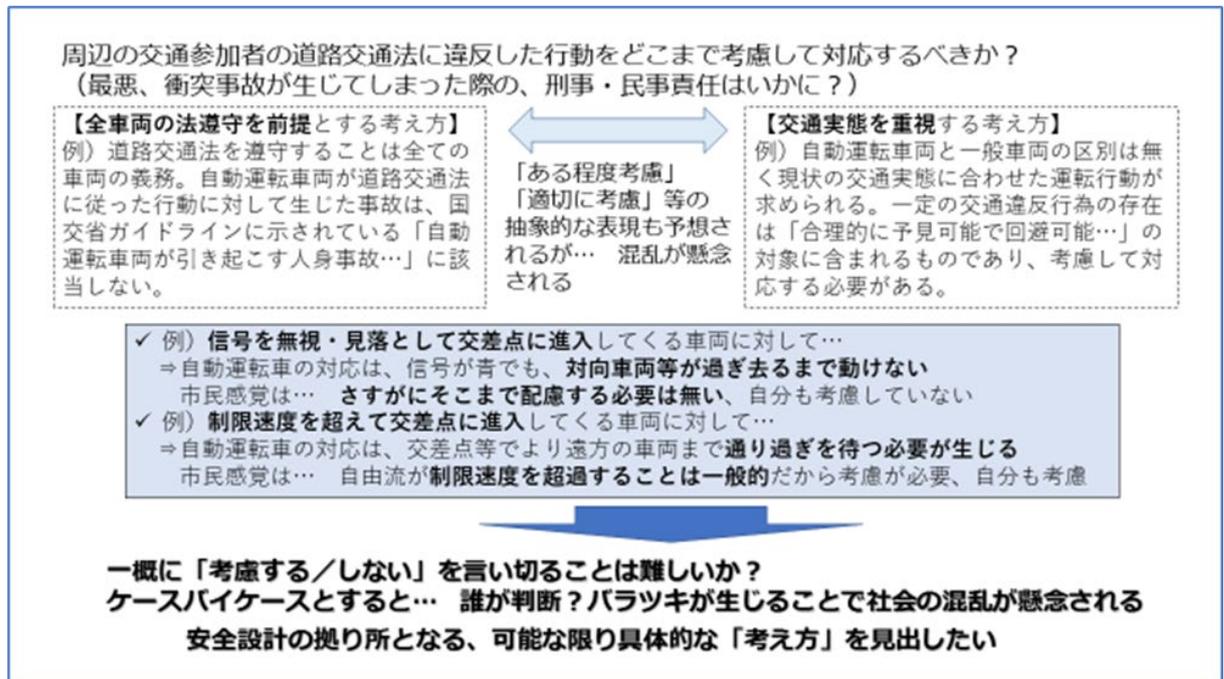


図 3-7 安全走行戦略の考え方に関する論点と課題

### 3) 安全走行戦略 WG 参加者のコメント概要

前述 3.1.1(4)2) (A) から 3.1.1(4)2) (D) に示す安全走行戦略検討事例に対して、安全走行戦略 WG メンバーから寄せられたコメントを図 3-8 に示す。

分類	項目	主要な意見
歩行者脇通過、交差点通過の両ケースに共通	WGの進め方	<ul style="list-style-type: none"> <li>・数値に関しては性急に議論せず、次年度以降に社会受容性が担保される形を目指すことが望ましい。</li> <li>・自動運転の導入促進のための協調領域を抽出し、安全確保しつつ確実に審査・導入に至るための事項に議論を絞るべきではないか。その際、将来の技術革新による仕様・性能の進化を阻害しないことが前提である。</li> </ul>
	法規対応の考え方	<ul style="list-style-type: none"> <li>・合理的に予見可能で回避可能な加害事故を起こさないために、安全運転義務違反とのバランスの中で決めていく必要がある。</li> <li>・両者にとって法令遵守は当然であり、他者の法令違反への対応は後回しで良いのではないか。</li> </ul>
歩行者脇通過のケース	歩行者飛出しへの対応 (潜在的な危険性の認識・予測)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「5km/hでの真横飛出し」の想定について、数値の根拠を明確にすること、社会的に認められることが必要である。自動運転車両の性能が低い場合の指標としてはよいが、今後の技術開発の妨げにならないようにすべきである。</li> <li>・「接触・衝突が避けられない危険ゾーン」について、センシング性能・予測性能が低い場合と高い場合とで定義を変える必要があるのではないか。</li> </ul>
	走行環境要因への対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガードレールや植込みがあれば飛出してこないと考え、それらの乗越えは飛越えの意思があると見做すのが一般的ではないか。</li> <li>・横臥者や路上障害物に対しては、発見したらベストエフォートの対応が必要。</li> </ul>

分類	項目	主要な意見
交差点通過のケース	走行環境要因への対応(1) (優先・非優先道路への考え方)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・明らかに自車が優先道路である場合は、道交法や判例を見た上で、相手車両が停止することを想定した動きをある程度考えても良いのではないか。一方、道交法で歩行者が優先であり、死角では歩行者が飛出す前提が妥当と考える。</li> <li>・交差点通過に関して、優先/非優先の違いを手順として取り扱うのは適切なのか疑問である。</li> </ul>
	走行環境要因への対応(2) (“防衛運転として徐行”への考え方)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・速度低下の捉え方に関して、周辺交通流の流れを阻害するという観点から考えるべきで、サービス性の観点で考えるべきではないのではないか。</li> <li>・安全性と定時性の担保を考えると、踏切のように交差車両を遮断するシステムか、遠隔監視で安全を確認するなどに対応しないといけない。車のみでできることは限りがあるので、インフラ整備とも合わせて進めていくことが必要。</li> </ul>
	走行環境要因への対応(3) (その他)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道を譲られる等の阿吽のコミュニケーションでの対応は一切ありえず、曖昧さは導入初期段階では極力排除すべきである。</li> <li>・地上側のセンサーなどの設備でできることは当然やるべきだが、コストとの兼ね合いがあるので、地域での自動運転への理解や機運の向上が重要であり、負担などへの理解を醸成することが必要であると思う。</li> </ul>

分類	主要なコメント
自動運転起動・停止やレベル4継続困難時の手順	<ul style="list-style-type: none"> <li>・遠隔監視, 自動運行装置, 乗務員の役割の議論はぜひやって欲しい。緊急車両への対応に於ける遠隔監視者の判断・情報提供と運転行為との関係などが課題になりうる。また、運行管理(者)も入れた議論を期待する。</li> <li>・MRMの車両制御方法に関しては、テーマ3にて議論と実験を進めている。</li> <li>・保安要員付きのレベル4がどうあるべきかについて、ケースに基づき具体的な検討を開始する必要がある。自動走行の開始から終了までの一連の流れにおいて、各々がどのような役割で対応するか議論して欲しい。</li> </ul>
機能安全・SOTIF・サイバーセキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機能安全の考え方の最適バランスを共通認識化するとの理解でよいか。過度な信頼性担保ではなく、適切な信頼性担保の手法として用いるのであれば、趣旨に納得できる。</li> <li>・アセスメントには既に様々な手法があり、FMEAやFTAなどで確認する場合はあればISO26262に基づく確認の場合もあるものの、決して排反事象ではなく、お互いを上手く活用しながら適切な安全性を担保するということが重要である。運行サービスでの対応も含めて、柔軟なアプローチで検討して欲しい。</li> </ul>

図 3-8 安全走行戦略検討事例に対するコメント一覧

委員等から得られたコメントを分析すると、使用する車両や走行環境など前提条件の違いによって意見が分かれることが分かった。具体的には、使用する車両の障害物認識や制動力、衝突安全などの性能、運用速度などの使い方、ガードレールや信号などの道路環境、一時停止や優先指定などのルール整備状況などが安全走行戦略の策定に大きく影響すると推察される。また、「安全走行戦略は、将来的な技術進化や社会受容性などの変化に合わせて柔軟に変えてゆく必要性を認識する必要がある」という貴重な意見も得られた。

#### 4) 安全走行戦略の具体化と整理に向けた取り組み方針について

実際の安全走行戦略は、前述のように車両や走行環境によって異なる可能性が高いが、市場規模が小さく開発費用を低く抑える必要がある移動サービスにおいて実用可能な技術は限定的で、標準化を重視する必要がある。そこで、今後安全走行戦略の具体化に向けた議論を活発化しかつ整理することを目的に、「危険回避性能」と「走行環境やルール等の整備度合い」に着目して、A から D の四つの領域に分けることを試みた。(図 3-9)。

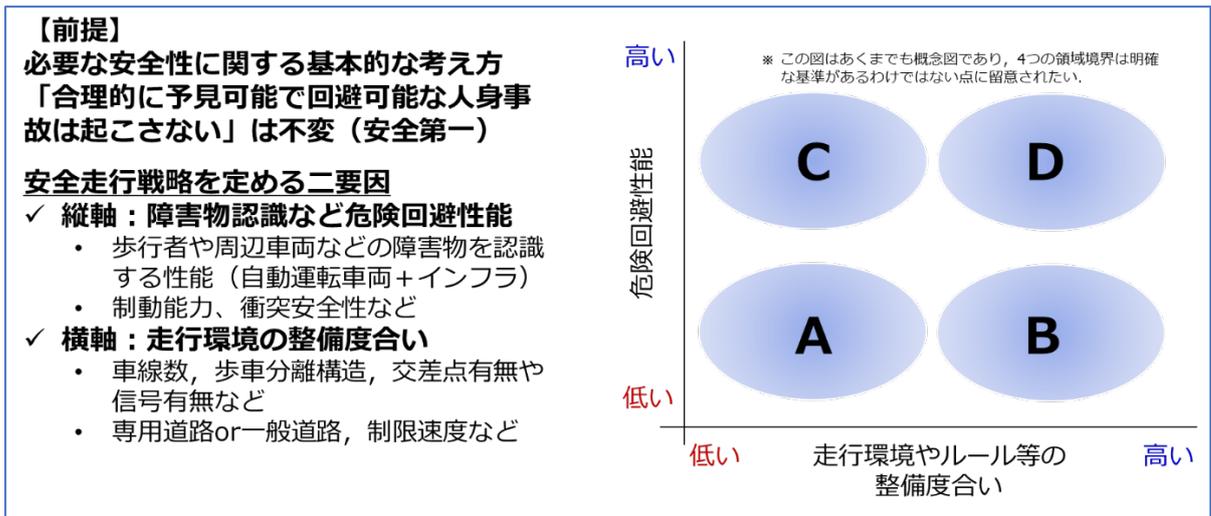


図 3-9 安全走行戦略の整理に関する考え方の提案

ただし、この A から D の四つの領域は「概念」であり、縦軸・横軸の因子や 4 つの領域境界は明確な基準があるわけではない点に留意されたい。例えば「運行速度」に関しては、縦軸の衝突安全性能の因子に含めて、低速で走ることによって万が一の衝突時も障害度を低く抑えられるという表現ができる。一方で、横軸のルール整備度合いに含めて制限速度を低く抑えることで、衝突リスクを低減できるという表現も可能と思われる。従って、様々な走行シーンを具体詳細の因子で定義することに注力することなく、「概念」において類似する対象を大括りした整理が進められないかという観点で検討が必要と考える。

- (A) A 領域においては、障害物認識性能や衝突安全性能などが低く、かつ複雑な（認識外乱や交通外乱が多い）走行環境を走行するケースとなる。その状況下において、合理的に想定される様々なリスクに対して必要な安全性を確保して走行するためには、徐行や一旦停止などの機会が増え、サービス性（円滑な走行）が犠牲になると考えられる。
- (B) B 領域においては、ガードレールなどによって歩車分離が施され、交差点には信号機が設置されるなど、自動運転システムにとって外乱要素が削減されるため、A 領域に比較して減速や一旦停止などの機会は減少し、サービス性向上が期待できる。
- (C) C 領域においては、車載認識システムの高度化やインフラ協調などによって、死角を含めて歩行者や自転車などの正確な認識と行動予測が可能となるなどによって、減速や一旦停止などの機会は減少し、サービス性向上が期待できる。
- (D) D 領域においては、自動運転技術や道路環境整備の高度化によって、自動運転や移動サービスへの理解が進み交通社会の中で信頼関係が確立される段階で、安全と利便が高度にバランスした自動運転移動サービスの普及が期待できる。

次にこの概念図に、現在社会実装に向けて検討が進む事例のプロットを試みた（図 3-10）。

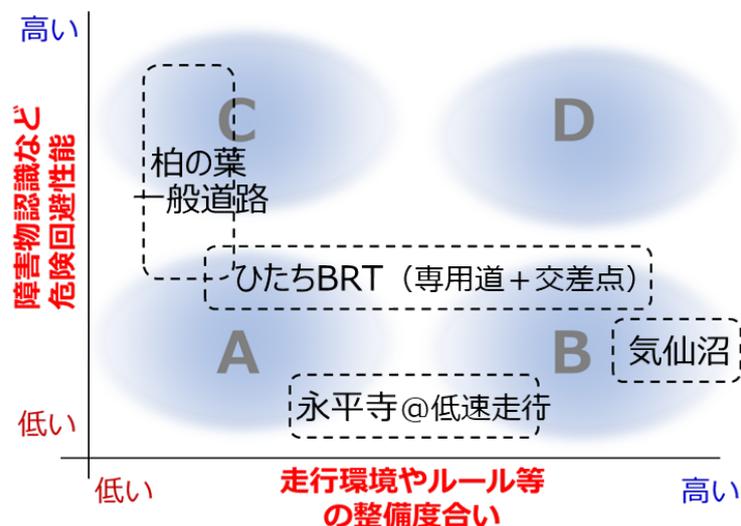


図 3-10 レベル 4 社会実装事業の配置検討

テーマ 1 永平寺町の事業は、歩道をカートで低速走行するため、車両の危険回避性能は低い、一般車両から隔離された環境を低速で走行することから A と B の中間領域にプロットされると考えられる。

テーマ 2 ひたち BRT においては、直線的なバス専用道路を走行する区間もあれば、一般道路と交差する区間もあるため、A 領域と B 領域を横長に跨ぐ位置にプロットされると考えられる。

テーマ 4 柏の葉バスにおいては、一般道路を走行するため走行環境やルール整備は限定的となるが、インフラ協調によって認識性能が向上するため、A と C の中間領域にプロットされると考えられる。

また、気仙沼 BRT では、踏切やガードレールなどによって交通外乱が極小化される環境が整備されており、イメージ的には B 領域の右端にプロットされると考えられる。

ここで、例えばひたち BRT のようにひとつの事業の中でも外乱の多い環境と外乱の少ない環境が混在しており、永平寺町や柏の葉などでも同様のことが言える。一方で、A～D の領域から見ると、異なる事業が同じ領域に存在することで、領域ごとに何かしら共通する安全走行戦略を定義できるのではないかと期待する。2022 年度は十分な議論ができていないが、A～D の領域に着目することも含めて、安全走行戦略の具体化に向けた議論の深掘りと、大括りした共通の考え方の導出が必要と考える。

#### (5) 課題と今後の予定

安全走行戦略の検討は未だ緒に就いたばかりであり、車両や走行環境などの違いを踏

まえて、共通の考え方の具体化や事例の共有などを推進する必要がある。2023年度以降は、以下の項目についてWGで検討を進める計画である。

- 1) 先行してレベル4社会実装を進めるRTL4事業のテーマ2やテーマにおける安全性審査プロセスを通じた検討内容や、審査において指摘される問題や対応内容などをタスクフォースやWG等でタイムリーに関係者と共有し、幅広い社会実装への取組みの一助とする。
- 2) バス以外に関して、WGメンバーから安全走行戦略検討の取組み情報や課題などを提供してもらい、WGメンバーで情報共有し多面的な検討を行う。
- 3) 歩行者脇や交差点通過などの主要シナリオを題材に、安全走行戦略の必要要件（必要十分ではない）の具体化と妥当性の検討に取り組む（前出のA～Dの4領域に分けた議論も含む）。
- 4) 乗務員ありレベル4の定義に係る、自動運転の起動／停止や操作介入の要否と手順、遠隔監視やインフラ協調の役割など、仕様の具体化と妥当性の検討に取り組む。

注）制限速度超過や歩行者の急な飛び出しなど「道路交通法など法令違反状態の他の交通参加者への対応はどうあるべきか？」を検討する題材として、WGでも要望のあった「交通事故の判例調査」については、法律関係の専門家から難しい取り組みと言われており、来期以降のRTL4事業直下で進める必要がある。

### 3.1.2. 自動運転開発手法の事例調査

自動運転レベル4では、ドライバに代わって自動走行システムがすべての運転タスクを担うため、様々な走行環境下で合理的に予見可能で回避可能な全ての危険を回避し安全に走行できるよう、設計段階において安全を担保し、評価において確実に機能することを確認する必要がある。

自動運転移動サービスでは限定空間を走行するため、一般道路を走行するパッセンジャーカー（オーナーカー）に比べると、考慮すべき危険なシーンはある程度限定できるが、それでも、実車で実路を走行する方法で全ての危険シーンを確認することは難しい。

特に、歩行者飛び出しや周辺車両との接近など危険を伴うシーンや、天候の影響を実際に確認することは難しく、コンピュータ上に仮想空間を構築し多様な条件で安全性を確認する手法が一般的となっている。また、危険シーンの確認に限らず、自動走行システムやソフトウェア開発においては実車に搭載する前にシミュレーションなどで正しく機能することを確認することが基本であり、開発工程の様々なパートで必要に応じた各種ツールが使われている。

2022年度は、安全設計・評価手法に関する知見を幅広く共有することを目的に、実際に自動運転車両を開発している事業者の協力を得て、自動走行システム開発プロセス、ならびに安全設計・検証に使用されている開発環境やツールについて調査した。以降に

調査結果を示す。

(1) 開発プロセスで使用されるツール群の全体像

今回の調査に協力した企業では、自動走行システム用ソフトウェアをオープンソフトとして開発し広く提供している。その自動走行システム開発プロセスで使用されている主要なツールの機能は以下の通り。

- クラウドサービスを用いたWEBブラウザ上でのツール操作
- 自動運転に必要な高精度地図作成
- シミュレータによるテスト実行
- CI/CD管理
- WEBブラウザを使った自動走行車両の運行管理
- 自動走行システム用ソフトウェアの自動アップデート
- 遠隔地からの自動走行車両の監視

表 3-1に開発プロセスと開発ツールの関係を示す。

表 3-1 開発プロセスに対応するツール

ツール名	開発プロセス
(2) 高精度 3次元地図作成ツール	機能設計・仕様検討
(3) シナリオエディタ	機能検証・妥当性評価
(4)-1) シナリオシミュレータ	全体機能検証・妥当性評価
-2) センシングシミュレータ	全体機能検証・妥当性評価
-3) デジタルツインシミュレータ	機能設計・仕様検討 全体機能検証・妥当性評価
(5) CI/CD 管理ツール	機能検証・妥当性評価
(6) 自動運転車両運行管理ツール	運用
(7) 遠隔監視ツール	運用

(2) 高精度 3次元地図作成ツール

自動運転車両が目的地に向けて安全かつスムーズに走行するためには、走行路に存在する物標や交通状況など様々な情報と、自車両の正確な位置情報が必要となる。走行路にある物標や交通状況を把握するためには、車両に搭載する様々なセンサによって車両周辺の障害物を認識することと、走行可能な範囲や停止線、信号機などの道路周辺情報を含む高精度な3次元地図が必要となる。また、この3次元高精度地図と車載センサから得られる車両周辺情報との照合によって、自車の正確な位置を博することが可能となる。

本ツールは、車両に搭載されたLiDARで取得した点群データから作成する物標の情報

に、以下の道路周辺情報を付加することで、自動走行システムの開発に必要な高精度 3次元地図を編集することができる。(図 3-11)

- 停止線
- 速度規制情報
- 横断歩道
- 信号機
- 車線幅や道路幅など走行可能範囲を示す走行車線情報

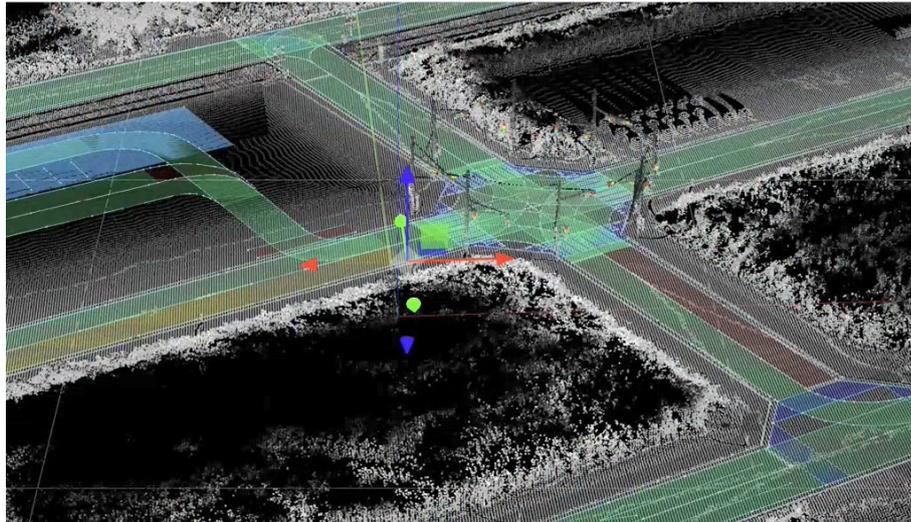


図 3-11 高精度 3 次元地図編集画面(緑：走行リンク、青：横断歩道)

### (3) シナリオエディタ

自動走行システムが認識した障害物との衝突を回避したり、カーブや信号を認識して減速・停止するなどの基本動作、横断歩道や交差点通過時など危険が予想される場面における、周辺交通参加者(車両、二輪車、歩行者など)や自動走行車両の振る舞いをシナリオという。

本ツールは、高精度 3 次元地図の上に、車両や歩行者などの各種モデルの配置とその動きを定義し、自動走行システムの基本動作や危険場面の衝突回避機能などを確認するための各種シナリオを作成するツールである。以下に定義できる情報の概要を示す。

- 自車両及び周辺交通参加者(自動車、自転車、歩行者)
- 周辺交通参加者の位置、経路、速度、加速度
- 道路および道路周辺構造物

これらの情報を基に、歩行者の飛び出し、交差点での歩行者横断や交差車両との交錯、周辺車両のカットインやカットアウト、道路周辺構造物や駐車車両の死角への対応など、安全走行戦略の計画や妥当性の確認などに使用する安全性評価シナリオを編集できる。

なお、シナリオのフォーマットは、国際標準化団体 ASAM (Association for Standardization of Automation and Measuring systems) が策定する OpenSCENARIO1.2 に対応している。

#### (4) 各種シミュレータ

シミュレーションは、実車両で実路を走行する方法に比べて、様々な条件で短時間に確認できるため、自動走行システムの開発にとって欠くことのできない重要な手段である。また、自動運転の安全性評価手法としてはISO 34502 自動運転システムにおけるシナリオベース安全性評価フレームワーク<sup>1</sup>が知られており、システムの機能開発・安全性評価において確認すべき要素として、認識外乱、交通外乱、車両運動外乱が定義されている。自動運転の機能や安全性を評価するシミュレーションとして、走行環境や交通参加者、自動運転車両やインフラ協調システムなどの全てを精密なモデルで構築する方法も考えられるが、実際には、自動走行システム開発プロセスごとの確認内容に応じた必要最小限機能のシミュレーションを用意することが利用効率やコストなどの面で優れている。従って、各シミュレーションに用いられるセンサや構造物などのモデルも、それぞれの目的に合わせて抽象度が違うものを用いる。

図 3-12に代表的なシミュレータの種類と機能概要を示す。また、以降に各シミュレータの内容を解説する。

		シナリオシミュレータ	認識シミュレータ	デジタルツインシミュレータ
目的		運転と交通のシミュレーション	走行ログからのリアルなイベント再現	リアルな物理学的センサシミュレーション
自動走行用システム機能	Sensing		○	○
	Localization		○	○
	Perception	△(一部)	○	○
	Planning	○		○
	Control	△(一部)		○
テストケース	・ OpenSCENARIO 01.2	・ センサデータ	・ 3D map/sensor model	

図 3-12 シミュレータの種類と機能

##### 1) シナリオシミュレータ

自動走行システムの基本機能を開発する工程で使用されるシミュレータ。例えば認識外乱は考慮しておらず、センサモデルは認識できる方位や角度、距離だけをモデル化するなど抽象度の高いモデルを使用している。カーブや信号を認識して減速・停止するなどの基本動作、横断歩道や交差点通過時など危険が予想される場面において、自動走行システムが認識した周辺交通参加者（車両、二輪車、歩行者など）に対する振る舞いが設計の意図

<sup>1</sup> ISO 34502 (Road vehicles – Scenario-based safety evaluation framework for Automated Driving Systems) は、UNECE WP29 (自動車基準調和世界フォーラム) の UNR157 (自動車線維持システム法規基準、SAE 自動運転レベル 3 向け) に関連する国際標準規格として位置づけられ、2022 年 11 月 2 日に発行された。ISO/DIS 34502 は、ISO 21448 (Road vehicles-Safety of the intended functionality、SOTIF) と相互参照する関係にあり、関連法規や国際標準規格への準拠とともに、本標準規格への対応が求められる。

通り機能していることの確認を行うものである。

## 2) 認識シミュレータ

認識外乱（天候や明るさ、西日や障害物の背景色の影響など）を踏まえて、自動走行システムが認識する必要がある物標や歩行者などの障害物に係る認識機能（センサ信号から物体を認識するロジック）の開発・評価を行うためのシミュレータ。実路走行で収集した車載センサのデータを使用し、実際の走行とシミュレーションの相関が確保できるよう工夫されている。

## 3) デジタルツインシミュレータ

自動走行システムの機能全体（Sensing、Localization、Perception、Planning、Control）の結合テスト（沿いう豪的なテスト）を行うためのシミュレータ。

高精度 3 次元地図を使い、自動運転機能や安全性を評価するために作成した評価シナリオに従って、周辺交通参加者を登場させ、そこに自動走行車両モデルを走らせる。さらに、実際の交通環境で起こり得る天候や明るさなどの環境条件や、市街地や高速道路、郊外や渋滞時の走行など様々な交通環境を模擬し、自動走行車両の機能が設計の意図通りであることを網羅的に確認する。また、ランダムな状況で長時間走行させることで、事前に想定することが難しいエッジケースの探索にも使用される。

## (5) CI/CD 管理ツール

製品開発における一般的なソフトウェア開発手法としては、開発の初期段階で全体の機能や構造を定義し、大きな単位でシステムを区切って進めるウォーターフォールモデルが知られている。しかしながら、先端的で歴史が浅い自動走行システム開発では、開発の初期段階でシステム全体の要求機能や構造などを定義することは難しい。従って、自動走行システム開発では、小さな単位で実装とテストを繰り返すアジャイル（Agile）開発が一般的と言われている。アジャイル開発では、開発期間が短縮される反面、不具合の発見が遅れるなど品質管理が課題と言われている。

品質管理対策としてはCI/CDと呼ばれる概念がある。CI（Continuous Integration：継続的インテグレーション）は、変更したソフトウェアをリポジトリと呼ばれるソフトウェアの保管場所に他の変更点と競合なく格納できる手法で、複数人の開発者がそれぞれソフトウェアを変更し、それら変更点をマージした際に発生する不具合を防ぐことができる。CD（Continuous Delivery：継続的デリバリー）は、変更したソフトウェアを自動的にテストしてリポジトリに伝送する仕組みで、ソフトウェアの不具合発見を迅速化することで、手戻りなどによる作業負担増加を回避することができる。従って、自動走行システムのソフトウェア開発において、CI/CD管理ツールは開発効率化と品質確保のための重要なツールとなる。

## (6) 自動運転車両運行管理ツール

バスやタクシーなどの自動運転移動サービスにおいて、複数の車両を使用して安全に

スムーズな運行を行うには、移動ニーズに基づいたリアルタイムの運行スケジュール管理、車両異常などの状態管理、緊急時の対応指示など、運行管理ツールが必要となる。

図 3-13 に自動走行車両の運行スケジュール登録画面を、以下に自動走行車両運行管理ツールの基本機能を示す。

- 車両位置やバッテリー残量、エラー等の自動運転車両のモニタリング
- 更新した走行経路の高精度3次元地図を車両側に配信
- 地図上の目的地までのスケジュールを登録
- 実証実験時などに発生したエラーや、ヒヤリハット等の走行履歴の登録
- スマホで自動走行車両呼び出しや発進・停止などを指示するAPIの提供

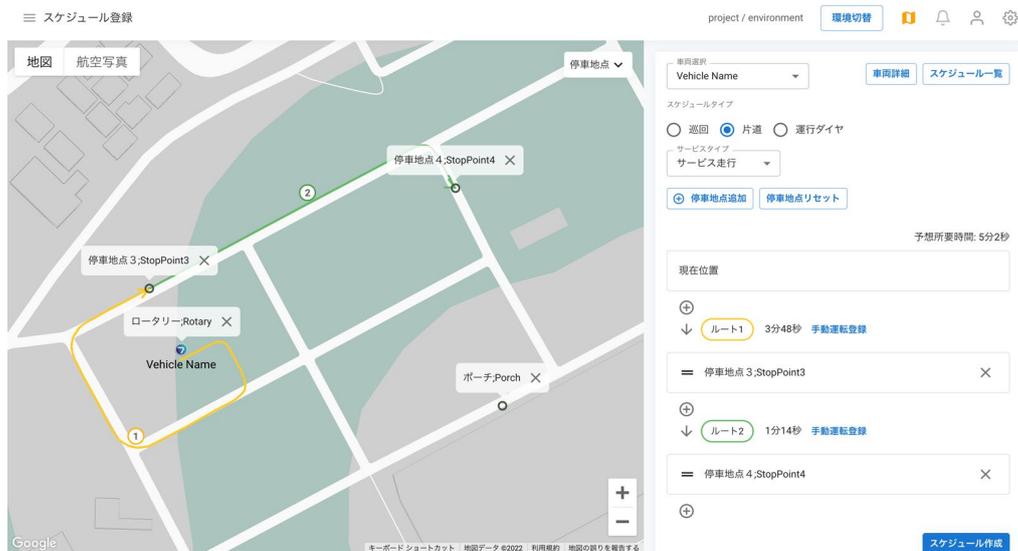


図 3-13 自動運転車両のスケジュール登録画面

### (7) 遠隔監視ツール

自動運転レベル 4 では、自動運転移動サービス車両を運用する際に、自動走行車両の周囲や車内(乗客)の状態をカメラ映像などでリアルタイムに把握し、有事の際は遠隔地からの操作や駆け付けなどで問題に対応することが求められる。本ツールでは、車両に搭載された複数のカメラからの映像によって車両周辺の状況を 360°リアルタイムで遠隔監視することを可能としている。また、緊急時は必要に応じて遠隔からの車両操作も可能で、路上の障害物や路肩の状況等を遠隔から確認し、障害物を回避するようなことも可能としている。

## 3.2. 簡易な仮想環境構築と活用の仕組み

高度化編にて記述した「簡易な仮想環境」は、ひたち BRT 以外の無人自動運手移動サービスにおいても利用することで、効率的に開発などが実施できると考えられる。本節では「簡易な仮想環境」の多様化に関するヒアリングなどの結果について記述する。

### 3.2.1. 関係者へのヒアリング

高度化編にて記述したように、「簡易な仮想環境」の使い方や有効性について関係者へヒアリングを実施した。その結果を以下に示す。

＜運行事業者等＞

- 危険シーン、交通状況などの説明に有効と考える
- 付近の小学校の交通安全教室での使用や運転手への教育も検討する

＜自動運転開発者等＞

- 安全評価時などでの危険シナリオの共有に有効と考える。ただしシナリオの検討が必要

### 3.2.2. JARI シンポジウムでの講演

「自動運転移動サービスの安全性検討と社会受容促進における仮想化技術の活用」と題して、JARI シンポジウムにて「簡易な仮想環境」の背景や目的、概要について一般聴講者に対してデモ動画も含めて講演した。コメントとして「社会受容性の醸成に有効である」等があった。

### 3.2.3. モニタ乗車参加者への体験会

高度化編で記述したように、モニタ乗車参加者への体験会を実施し、歩行者横や交差点を通過するシーンを体験してもらった。その結果を以下に示す。

#### 1) 体験者

ひたち BRT モニタ乗車参加者の中の希望者が、以下のデモを体験した。

#### 2) 再現シーン

交差車両との安全性の観点から「無信号交差点の通過」を、歩行者との安全性の観点から「横断信号待ち歩行者協通過」を選定した。

#### 3) 再現方法

表示装置として液晶ディスプレイとヘッドマウント（VR ゴーグル）を用いた。

#### 4) 結果

参加者は総勢 11 名（内訳は 20 代～50 代、男性 9 名＋女性 2 名）であり、以下に主なコメントを記す。

＜再現シーンや機能に関する要望＞

歩行者の対象に子供や高齢者を含めて欲しい

自動運転バスの機能を分かりやすく説明して欲しい

自動運転と手動運転の違いが分かるシーン、交通量や天候／明るさなどが異なるシーン自動運転が苦手なシーン、ブレーキ感覚がわかる機能などの追加

<用途の提案>

ドライバ教育などにも使ったらどうか

<感想など>

自動運転の振る舞いがよくわかる、バスに乗っていない人に説明するのにもよい

### 3.2.4. まとめ

ヒアリングや体験会を実施し、有効性を確認し、改善点や課題を得た。

### 3.2.5. 課題

上記要望に対応するために、各有効なシーン／シナリオの作成方法の検討と作成、機能改善（使いやすさ・見やすさ等）、教育など新たな用途への適用検討などの課題がある。

## 3.3. 安全設計に必要な汎用・基礎データ共有の仕組み

無人自動運転移動サービス開発者がセンサ（サブシステムを含む）等を外部調達する場合、センサ性能情報などの入手性から効率的な選定や開発が困難となっている。

例えば汎用的なセンサを車載用途に使用する場合に、センサの認識外乱による影響などのデータが存在しない、もしくは提供されないことがあり、この場合これを基にした安全設計ができない。また、汎用的なセンサでは車載用途と比べ耐久性などが劣っている場合が多いがこのデータについても情報が少ない。

そこで自動運転システム開発者による効率的なセンサ選定、システム開発を支援するため、代表的なセンサ等の基本性能や、天候・昼夜などの環境や障害物の形・色の性能への影響など認識性能検討のための基礎データなど、安全設計に必要な汎用・基礎データ共有の仕組みを構築することを狙いとする。

2022年度は、無人自動運転移動サービス車両開発事業者が目的に応じて適切な部品の選定が可能となるように、自動運転に使用される認識系部品として課題が多いと考えられるカメラシステムにおける信号灯色認識に特化し、把握しておくべき必要な情報として課題と認識性能の評価法（例）を検討した。

### 3.3.1. 信号灯色認識の課題

自動運転車に使用されるカメラシステムは、車室内または車室外に主に前方に向けられて複数個設置され、信号灯色認識用のカメラシステムは、例えば車両最上部（車室外）や、フロントガラス内側に搭載する等が考えられる。使用環境は、温度環境（使用時温度-30～80℃等）や天候（雨雪等）、日照（昼夜、西日等）の変化に晒されることが想定

される。これに対して例えばフロントガラス内側に設置することで雨滴の付着による視界不良をワイパ動作で防止するなどの工夫を行っているが、認識性能への影響などは明確になっていない。

カメラシステムはカメラ（レンズと撮像素子等）と認識器（認識アルゴリズム）に分けられる。認識器にはカメラで撮影された画像から信号灯色を特定（認識）するアルゴリズムが組み込まれており、一般にカメラ仕様ごとに学習させ最適化したものを使用する。学習とは例えば、信号機を定義し、ある画像を認識処理させ、信号機を認識しなかったり、信号機でないものを歩行者と認識するなどの誤認識をした場合に正解を与えて信号機の認識性能を向上させることである。

ADAS を提供しているサプライヤへのヒアリングや文献を元に、認識性能へ影響を与える要因として、信号灯色認識における現状の問題点を列挙し、外乱および信号機として認識し難くなる信号機自身の形状や付属物などに分類し以下に記述する。これらの影響を分析し認識性能が悪化しないように対策することが課題となる。

#### (1) 外乱

信号灯色の認識性能に影響を与える主な外乱と信号機自身の形状や付属物などを以下に記述する。

##### 1) 照度

##### (A) 全体照度

信号機周辺の全体が夜間などにより照度が下がると、信号機に対する照度が下がり、信号機全体の形状を認識する事が難しくなる。またカメラはオート露光設定の場合、画面全体が暗くなるほど露光時間が延びる為、灯火色が飽和しやすくなる。灯火色が飽和すると灯火色が白色に近づき、色情報の信頼性が落ちる。さらに他車両のブレーキランプ・街灯・看板灯など、類似した発光物体が多数存在してくるため信号機認識が難しくなる。夜間の例を図 3-14 に示す。



図 3-14 夜間例

##### (B) 局所照度

西日等、光が灯火部に当たると、非点灯の個所が点灯しているように錯覚する場合がある。また点灯個所のコントラストが下がり認識し難くなる。光がカメラにあたる場合は、信号機と背景とのコントラストが低下し、点灯箇所を除く信号機全体が黒つぶれす

る。画面内での太陽と信号機の位置が近すぎる場合には白飛びする事もある。また局所的に光の散乱・減衰が起こり、レンズに映り込みを生じ認識し難くなる。

### (C) 背景とのコントラスト

逆光（日照や明るい外壁等）や天候（晴れ／曇り／夕焼等）、発光物体（街灯／ブレーキランプ等）などが背景となり、信号機とのコントラストが小さくなることにより認識し難くなることもある。

### 2) 降雨／降雪

降雨／降雪の場合、降水量や濃度にもよるが、空間全体の光の散乱・減衰が起こり、画面全体の視認性が下がる。カメラを車室内に設置した場合はフロントガラス、車室外に設置した場合はレンズへの水滴で、局所的に光の散乱・減衰が起こり部分的に滲む。さらに、ワイパにより信号機が瞬間的に遮蔽されるケースもある。大雨時は周辺車両からの水被りが発生する事も有り得る。雨の例を図 3-15 に示す。左の画像は小雨の例、中央はレンズへの水滴付着、右はワイパによる遮蔽である。



図 3-15 雨の例

### 3) 霧

霧の場合、信号機全体および灯火部の形状を認識する事が難くなる。

### 4) 車両の振動

車両の走行時や停止時のアイドリングにより認識に影響を与える場合がある。

### 5) 信号機周辺

信号機周辺に存在する物体により、誤認識が発生する場合がある。以下に例を挙げる。

- ・対象信号機の裏にある反対向きの信号機
- ・対象信号機の前後にある別の信号機
- ・歩行者用信号機
- ・他道路の信号機
- ・裏向き信号機
- ・信号機の情報板

また、認識しやすくなる物体として背面板（図 3-16）などがある。



図 3-16 背面板付き信号機

(2) 信号機自身の形状や付属物など

信号機そのものの形状、性能などが認識に影響を与える場合があるので以下に記述する。

1) 灯色

信号灯色（赤青黄）で認識に差が出る場合がある。また、電球式で劣化した場合など光量が小さいと認識し難くなる。

2) 矢印／点滅

矢印・点滅信号を認識する為には、通常の赤青黄の灯色認識に加え、矢印もしくは点滅に対する認識が必要になる。

3) LEDフリッカ

LED式信号機は一定周期（東日本：50Hz／西日本：60Hz）でONとOFFを繰り返している。そのため、シャッタ速度や取得タイミングによって、点灯が見かけ上弱くなるあるいは点灯していないフレームが存在し認識に影響を与える。

4) 遮蔽板／フード

灯火部の点灯が対象とするドライバ以外から見えないように、灯火部の前面にスリットが入っているものが存在する。しかし、対象とするカメラからも点灯が見えにくい状況が存在する。

フード付き信号機の場合、車両位置に応じて灯器全体の形状が大きく変化する。フード付き信号機の例を図 3-17 に示す。左側の画像は遠くから見た場合で、右側の画像は同じ信号を近くから見た場合である。



図 3-17 フード付き信号機の例

5) 縦型信号

非積雪地域では横型の信号機が主流であり、積雪地域では縦型の信号機が主流である。

また予告・補助信号機がある場合や、積雪地域と非積雪地域の境界では、横型の信号機と縦型の信号機が同じフレーム内に混在する事も起こり得る。

### 3.3.2. 降雨時の信号認識解析例

上記に記述した信号灯色認識の課題の中で、ヒアリングや文献などから特に影響が大きいと考えられる降雨について評価とその結果例を示す。本試験では、カメラを車室外と車室内に設置したときの影響および車室外設置において撥水カバーの効果を検査した。

#### (1) 評価条件

##### 1) 車室外／車室内設置の影響調査

##### (A) 信号機と車両（カメラ）との距離

ひたち BRT における信号認識すべき時点での信号機と車両との距離はおおよそ 20m から 30m であることを参考に、本評価では 15m、35m、55m と設定した。

##### (B) 照度

照度は 1600lx（昼間相当）、200lx（夕暮れ相当）、0lx（夜間相当；ハイビーム点灯）と設定した。

##### (C) 降雨条件

降雨条件は 50mm/h（強い雨）、30mm/h（中間）と設定した。

##### (D) 車速

評価時の車速は 0km/h（停止）とした。

##### (E) カメラ設置位置

車室外設置では天井部相当の高さ 2.5m（車両中央位置）、車室内設置ではダッシュボード相当の高さ 1m（車両中央位置）とした。（図 3-18 参照）



図 3-18 カメラ設置位置（左：車外カメラ、右：車内カメラ）

(F) カメラモジュール

カメラモジュールは3タイプを用いた。各カメラのカメラ性能は表 3-2 に示した。

表 3-2 カメラモジュール

カメラ	画素数	フレームレート (fps)	ダイナミック レンジ(dB)	ハイダイナミック レンジシステム	LEDフリッカ	レンズ (FOV)
type1	1936x1220	30	110	サブピクセル	○	64°
type2	2896x1876	30	126	サブピクセル	○	60°
type3	3856x2176	30	105	サブピクセル	○	70°

2) 撥水カバーの効果

(A) 信号機と車両（カメラ）との距離

距離は 15m、35m、55m と設定した。

(B) 照度

照度は 1600lx、200lx、0lx（ハイビーム点灯）と設定した。

(C) 降雨条件

降雨条件は 30mm/h、50mm/h と設定した。

(D) 車速

評価時の車速は 0km/h（停止）とした。

(E) カメラ設置位置

天井部相当の高さ 1.5m（車両中央位置）とした（図 3-19 参照）。（本試験では乗用車を使用）

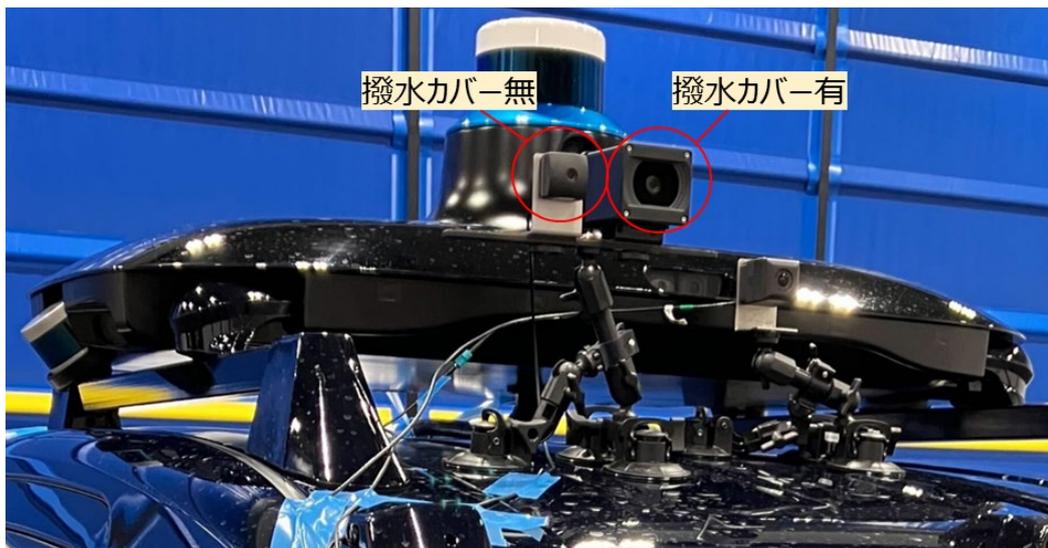


図 3-19 カメラ設置（左：撥水カバー無、右：撥水カバー有）

(F) カメラモジュール

カメラモジュールは表 3-2 で示した type2 を用いた。

## (2) 評価方法

### 1) 実機評価施設

実機評価における評価環境は一般財団法人日本自動車研究所（JARI）施設の特異環境試験場（図 3-20；以降施設）を利用し、評価条件の降雨・照度は当該施設の設備によって再現した。



図 3-20 JARI 特異環境試験場（試験路全長 200m x 3 車線（3.5m））

### 2) 評価条件の再現

#### <標準環境>

降雨の無い条件を本調査における標準環境とし、その際の性能を基本性能とする。照度は、1600lx、200lx、0lx（消灯）の3段階のレベルを施設内全域において適用させて再現した。また、0lx 時には評価車両のヘッドライト（ハイビーム）を照射した。

#### <降雨>

雨天は、雨量設定 30mm/h、50mm/h の2段階の雨量レベルを施設内全域において降雨させて再現した。

### 3) 評価パターン

評価パターンは、標準環境および評価条件の組み合わせを表 3-3 の通り設定した。

表 3-3 評価シーンの評価パターン

No.	シーン	照度(lx)	ヘッドライト	降雨(mm/h)
1	標準	1600	-	0
2		200	-	0
3		0	Hiビーム	0
4	降雨1	1600	-	30
5		200	-	30
6		0	Hiビーム	30
7	降雨2	1600	-	50
8		200	-	50
9		0	Hiビーム	50

4) 評価方法

(A) 車室外／車室内設置の影響調査

認識性能の評価は、車室外で信号機学習を実施した認識器の認識率を用い、標準環境時の認識性能（以降基本性能）と外乱時の認識性能を比較し、外乱に応じた認識性能の変化と画質に生じている外乱の影響の関係性について考察する。なお、車室外設置において学習を行っているため、車室内設置では学習効果が十分ではない可能性がある。

(B) 撥水カバーの効果調査

認識性能の評価は、撮影画像での比較評価とする。（本構成にて十分な信号灯色認識学習がなされていないため）

(3) 評価結果

1) 車室外／車室内設置の影響

(A) 標準環境での信号機認識評価

標準環境での評価例（図 3-21、図 3-22）と信号灯色認識結果例（図 3-23、図 3-24、図 3-25）を以下に示した。なお、図中には参考試験で実施した歩行者認識の結果も表示されている。

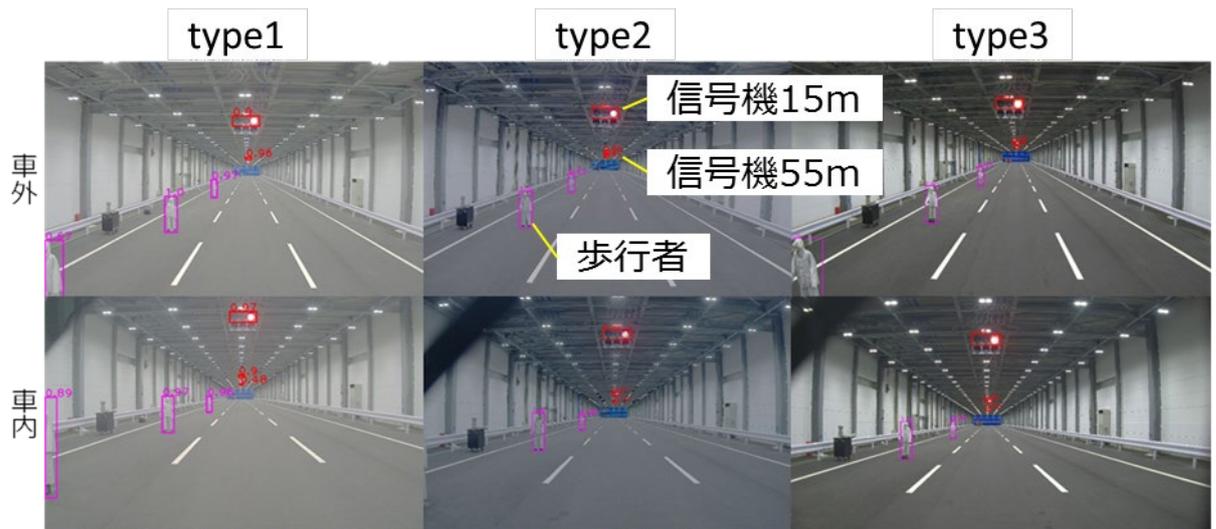


図 3-21 標準環境シーン (1600lx) 信号機 15・55m



図 3-22 標準環境シーン (1600lx) 信号機 35m

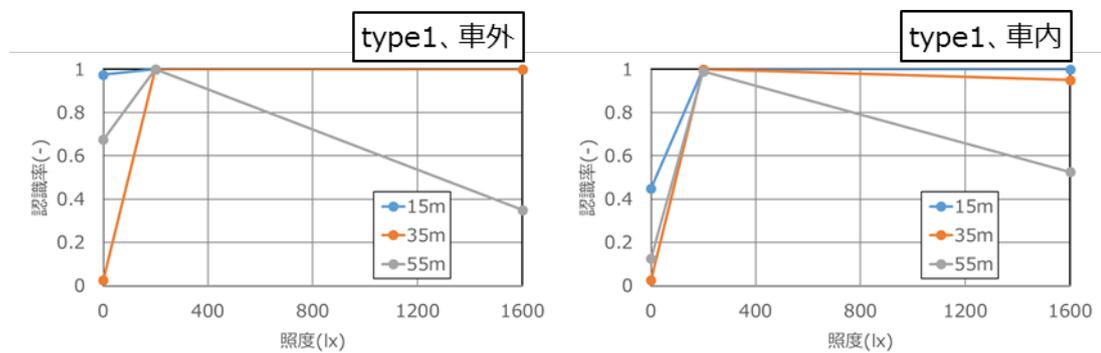


図 3-23 認識率結果 (type1)

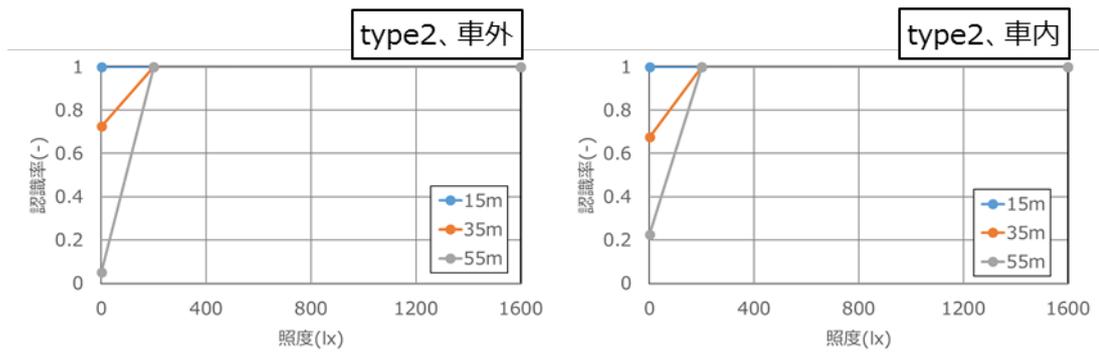


図 3-24 認識率結果 (type2)

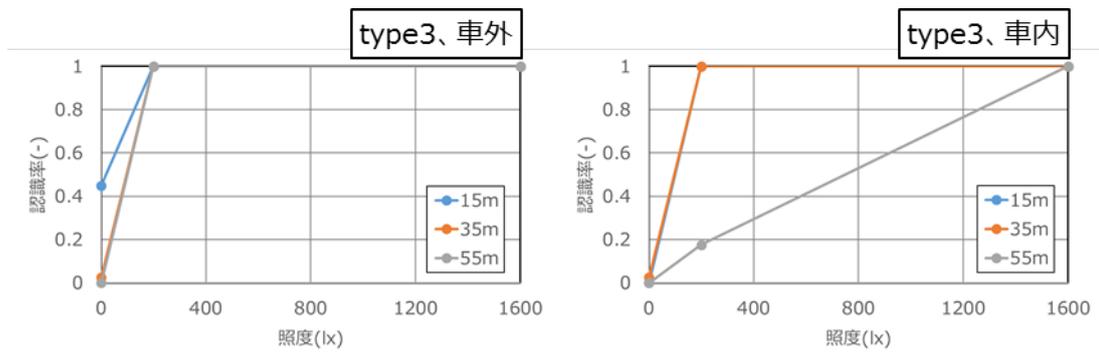


図 3-25 認識率結果 (type3)

< 考察 >

- ・ 車外カメラの方が社内カメラと比較し認識性能が良い傾向がある。これは学習効果が寄与しているものと考えられる。
- ・ 全カメラタイプにおいて照度に応じた認識性能を示しており、これは画面内のダイナミックレンジに対する輝度分布と色再現性の関係によるものと考えられる。画面内の輝度分布は照度低下によって信号も含めた高輝度寄りの輝度成分分布と、その他周辺の低輝度よりの分布に2極化する（画面内の輝度分布は明るい部分と暗い部分の極端な分布となる）。この際、高輝度部は信号処理の都合上、周辺の大局的な低輝度部の影響によって色および輪郭の再現性が低下する可能性がある。この影響により低照度時の光源などの有色高輝度部は白っぽくなる傾向があり、信号認識は色に依らず認識性能は低下するものと考えられる。

(B) 降雨シーン信号機認識評価

標準環境での評価例（図 3-26、図 3-27、図 3-28）と標準条件との信号灯色認識率の比率結果例（図 3-29、図 3-30、図 3-31）を以下に示した。

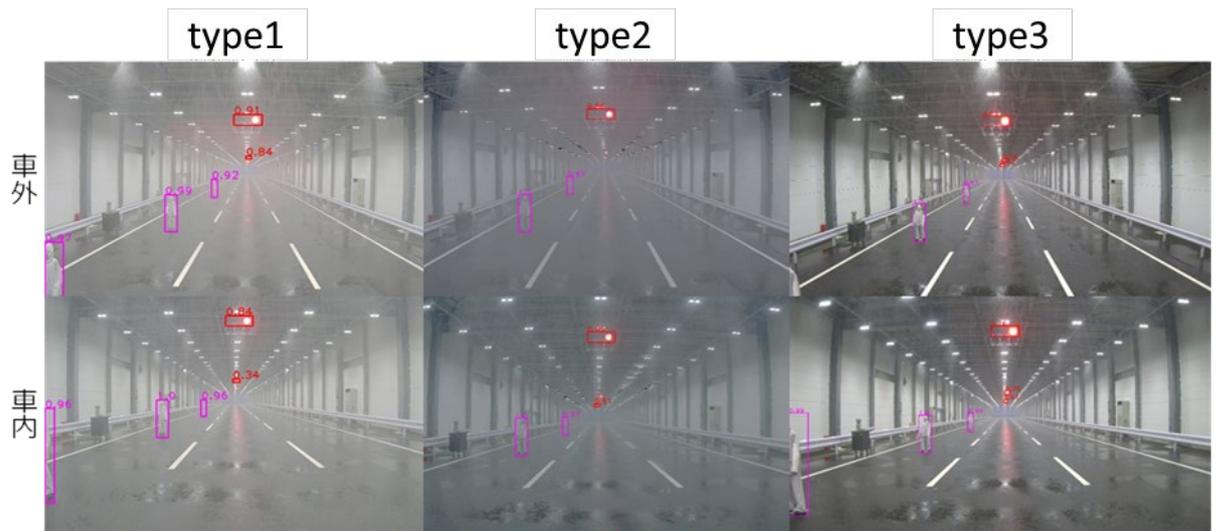


図 3-26 雨天シーン（1600lx、雨量 30mm/h）信号機 15・55m

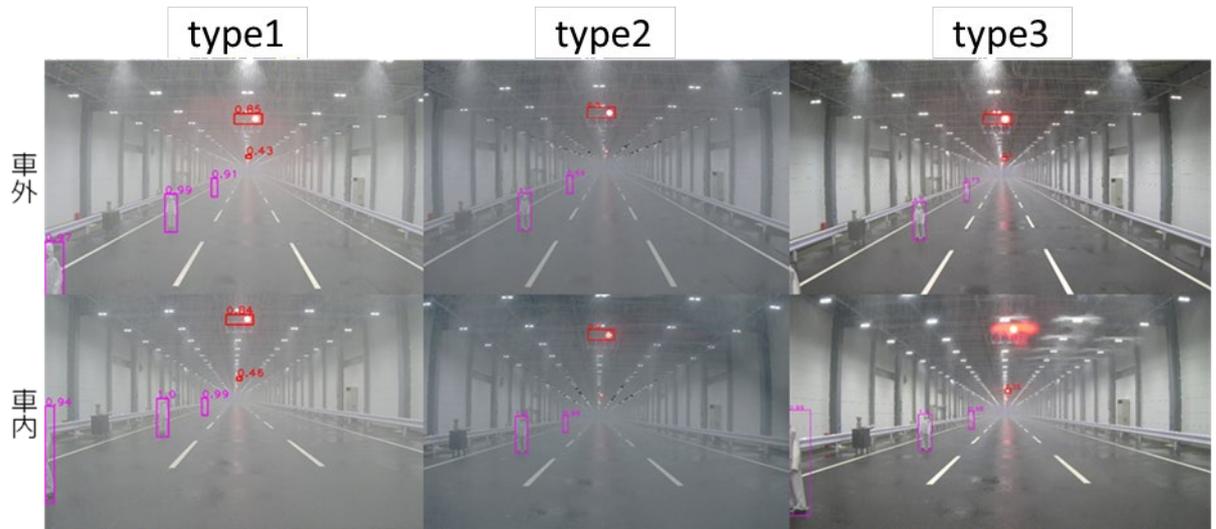


図 3-27 雨天シーン（1600lx、雨量 50mm/h）信号機 15・55m



図 3-28 雨天シーン (0lx、雨量 50mm/h) 信号機 15・55m

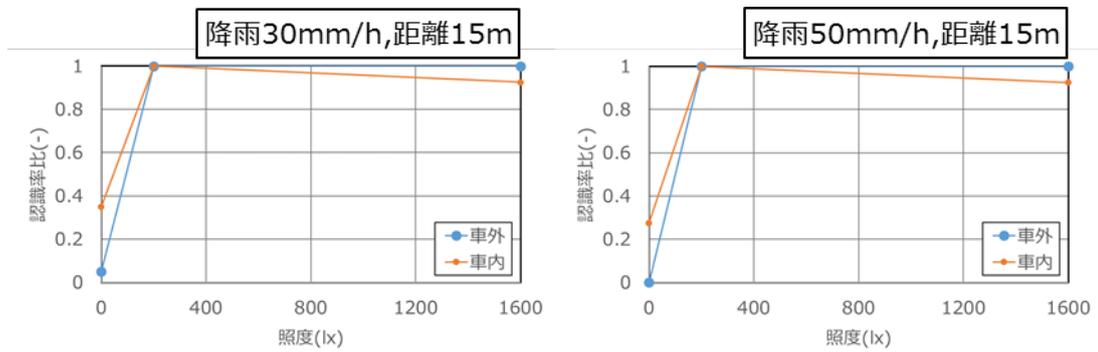


図 3-29 標準条件との認識率比 (type2、距離 15m)

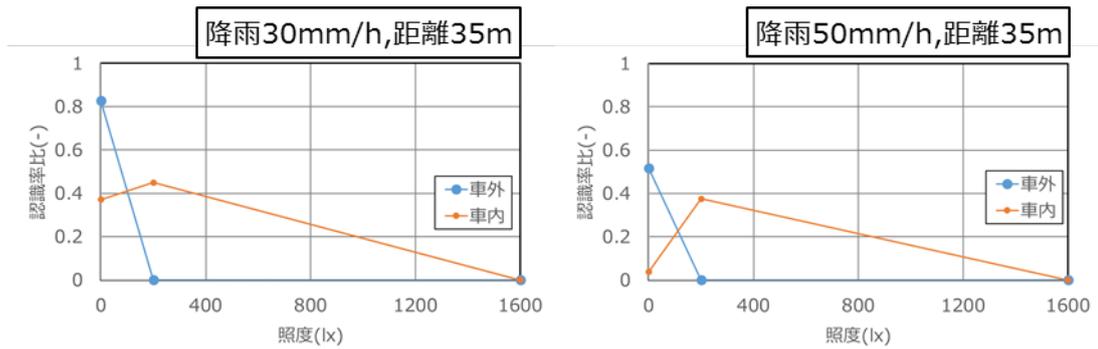


図 3-30 標準条件との認識率比 (type2、距離 35m)

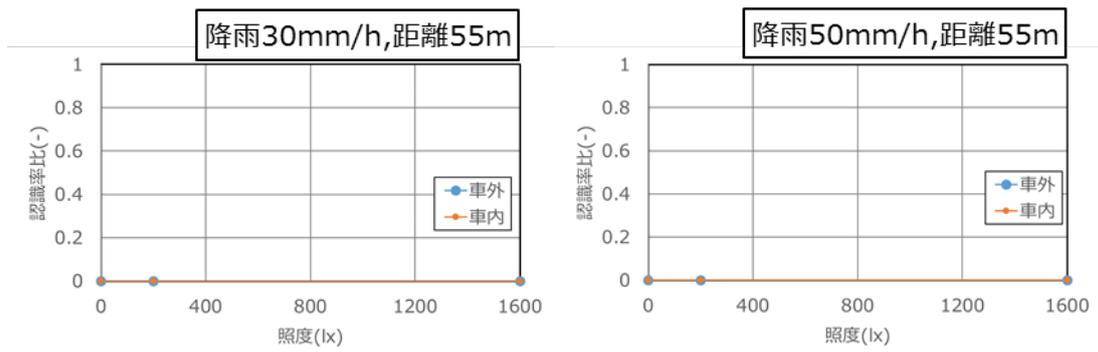


図 3-31 標準条件との認識率比 (type2、距離 55m)

< 考察 >

- ・ 降雨条件では、距離 35m および 55m の認識性能は著しく低下し、距離 15m も若干の性能低下が確認できる。性能低下を引き起こしている要因は、図 3-32 に示す通り雨滴がレンズまたはフロントガラスに付着し、信号機などの光源を起因とする光の散乱発生と考えられ、車外設置の方が相対的に光の散乱が強い。また照度が低いほど影響は大きい。ただし、認識率は車外／車内で有意な差はない。この理由は光の散乱がある状態での学習が十分にされていないためと考えられる。
- ・ この現象は障害物認識性能にも発生している。3.3.2(6)に歩行者認識での結果を参考として記述している。



図 3-32 光の散乱例 (左：車外、右：車内、type2,0lx, 50mm/h)

(C) 結果まとめ

降雨条件では距離 15m 以降の認識性能低下、および照度に応じた性能低下を確認した。これらの組み合わせでは、15m 信号認識も認識性能の低下が発生しており、0lx (消灯時) ではほぼ全ての条件での認識が難しい状況となり、複合的に性能低下の影響が拡大していることが分かった。

カメラタイプの性能傾向としては若干の type2 優位性が確認できるものの、降雨条件での性能低下は大きく、主には雨滴によるフレア発生に対する根本的な対策が必要と考えられる。

2) 車室外\_撥水ケースの効果調査

カメラへの水滴付着の様子を図 3-33 に、各条件での撮影画像を図 3-34、図 3-35、図 3-36 に示した。



図 3-33 水滴付着状況（左：撥水カバー無、右：撥水カバー有）

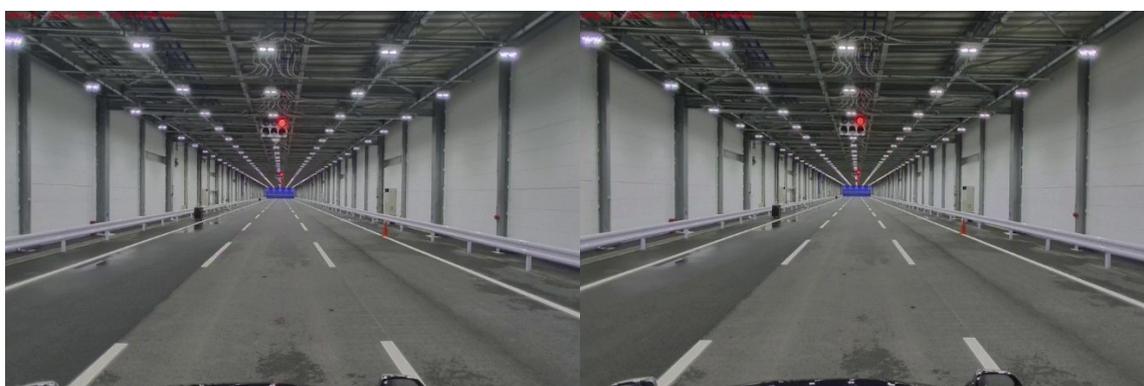


図 3-34 撮影画像（0mm/h, 1600lx 左：撥水カバー無、右：撥水カバー有）

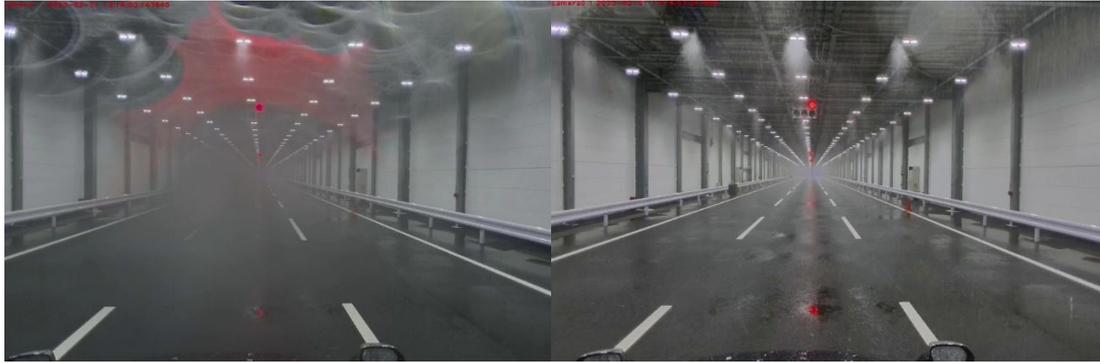


図 3-35 撮影画像（50mm/h, 1600lx 左：撥水カバー無、右：撥水カバー有）



図 3-36 撮影画像（50mm/h, 0lx 左：撥水カバー無、右：撥水カバー有）

#### <考察>

降雨時には明らかに撥水カバー無では光の散乱が発生している。外観写真から撥水カバー有では水滴は付着しているが水滴は球状で付着している面積が小さいことが分かる。従って、撥水カバーにより水滴付着面積が減少し、光の散乱が抑制されていることがわかった。今回は認識器を使用していないが、十分学習した認識器を用いれば撥水カバーの効果により認識率が向上すると考えられる。

#### (4) まとめ

- ・ 降雨条件において、水滴がレンズまたはカバーに付着することでフレアが発生し認識性能が悪化する課題があることが分かった。
- ・ 対策として、カメラを車室内に設置することや、撥水カバー等を用いて水滴付着を防止する方法が考えられる。これにより付着した水滴による光の散乱を低減できることが分かった。ただし、対策実施後に認識器の学習を十分行う必要がある。

#### (5) 課題

上記対策実施後の認識器の学習には降雨時のデータが必要であるが、限られた条件で

あるためデータ収集に時間がかかるなどの課題がある。

(6) (参考) 降雨時の歩行者認識評価結果

試験条件、試験方法は上記 3.3.2(1)1) 車室外／車室内設置の影響調査 と同様に実施した。降雨条件での標準条件との認識率比を図 3-37 に示す。

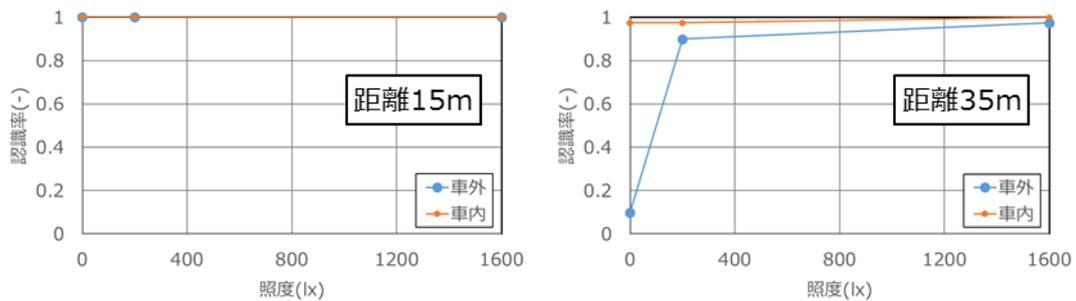


図 3-37 車室内外での歩行者認識（降雨 50mm/h、カメラ：type2）

車室内設置と車室外設置と比較し、距離 15m ではともに認識率が良好であるが、距離 35m では車室内設置の方が認識率の低下が小さく、降雨による認識率低下の防止効果があることが分かった。

### 3.3.3. まとめ

- ・ 信号灯色認識の課題をヒアリングや文献を基にまとめた。
- ・ 信号灯色認識の課題の中で、特に影響が大きいと考えられる降雨について評価法とその結果例を示した。
- ・ 降雨条件において、水滴がレンズまたはカバーに付着することで光の散乱が発生し認識性能が悪化する課題があることが分かった。
- ・ 対策として、カメラを車室内に設置することや、撥水カバー等を用いて水滴付着を防止する方法が考えられる。これにより付着した水滴による光の散乱を低減できることが分かった。ただし、対策実施後に認識器の学習を十分行う必要がある。

### 3.3.4. 課題

- ・ 信号灯色認識は 3.3.1 項に示した課題があり、各課題に対してカメラシステム（撮像素子、レンズ等）、認識アルゴリズム、学習量などで対策が必要である。
- ・ 降雨条件時での信号灯色認識はレンズなどに付着する水滴による光の散乱が原因で認識率が低下する。カメラの車内設置や撥水カバーなどの対策が必要である。

- ・ 降雨条件時での信号灯色認識の評価では、対策（カメラの車内設置など）の効果は、取得画像での比較評価で効果が確認できる。ただし、認識率として評価する場合は、対策前後それぞれにおいて学習を十分に行った後に比較する必要がある。

### 3.4. 自動運転移動サービスに関する情報発信

「自動走行ビジネス検討会 5.0」において以下の方針が出されたことを受けて、経済産業省、テーマ2 コンソメンバなど関係者で日本版セーフティレポート（以下、日本版 SR）の目的、内容について議論を行った。

- 我が国における実証実験の方針や安全対策の取組に係る情報発信（日本版セーフティレポート）においては、米 NHTSA の項目を参照しつつ、我が国の制度、各社の事情、実証実験の目的や走行環境・条件、実証実験を行う地域の特性などによって、各社において情報発信を行う項目を判断することが望ましい。
- 地域の関係者の理解と協力を得る上では、これらの項目と併せて、実証実験における自動運転システムの全体像を示すことも重要である。自動運転車両の安全対策のみならず、セーフティドライバの有無、遠隔監視・操作の有無、運行管理体制など、自動運転システム全体における安全対策について示すことが重要である。
- 自動運転車両の導入を検討する交通事業者・自治体等に対して、各社の自動運転システムの特性やこれまでの走行実績などを示すことも、理解を深めるための一助になると考えられる。
- 日本版セーフティレポートによる情報発信は各社の判断に委ねるものとするが、地域関係者に対し一覧性がある形で情報発信を行うため、政府において専用のポータルサイトを設置し、各社が情報発信を行う場合にはその内容やリンクを掲載することを検討する。

#### 3.4.1. 日本版 SR に関する目的の明確化

関係者の議論の結果、以下の通りとなった。

- 日本版 SR 公表の主な目的は「社会受容性の醸成」であり、そのために自動運転に関する情報を発信することは非常に有意義である。
- 目的である「社会受容性の醸成」を達成するには、自動運転システムの安全性に関する情報だけを提供しても効果的ではない。
- 主目的に鑑みると、自動運転プロジェクトの目的、意義、目指す姿など、安全性に関する情報に限るのではなく、地域住民等が求める内容についての情報発信を行うことが効果的である。具体的には、自動運転プロジェクトの実証実験や自動

運転移動サービスについて、地域住民、あるいは、地方自治体、サービス提供者、自動運転開発者等、それぞれの主体に向けた情報発信を行っていくべきである。

これらの結果を受けて、テーマ2で取り組んでいる「ひたち BRT での自動運転移動サービス」を事例に情報発信をまず行い、その効果、有効性等を検証しながら、他プロジェクトへの展開を図るべきとした。

よって、2022年度の公表内容については、ひたち BRT の取り組み内容を地域住民向け情報として RoAD to the L4 サイトで公開するとともに、安全設計・評価ガイドブックを開発者向け情報として同サイトで公開し、地域住民や自動運転開発者の反応を見て、今後改良していく。また、事業者／地方自治体の声を集め、事業者／地方自治体向けのコンテンツについても今後、追加公開の検討を行う。

### 3.4.2. 地域の取り組みに関するコンテンツ

地域住民向け情報の情報、および、導入検討中の事業者/地方自治体向けの情報について、どのようなコンテンツを提供すべきか関係者で議論し、以下のようにまとめた。

#### (1) 地域住民・国民向けの情報

社会受容性醸成のため地域住民が必要とすると考えられる項目

1. プロジェクトの概要に関する情報
  2. プロジェクトの計画段階に関する情報
  3. 自動運転システムの全体像に関する情報
  4. 自動運転車両に関する詳細情報
  5. サービス内容に関する情報
  6. 安全性に関連する情報提供
- など

#### (2) 導入検討中の事業者／地方自治体向けの情報

自動運転移動サービスの導入を検討する事業者や地方自治体に対し、導入に向けて必要となる検討内容や準備内容、導入メリット等の項目

1. 事業モデル
  2. 事業導入のメリット、課題
  3. 導入までのプロセス
- など

### 3.4.3. RoAD to the L4 サイトでの公開

RoAD to the L4 サイト構成と安全設計・評価ガイドブック、および、各地の取り組みの

サイト構成について図 3-38 に示す。

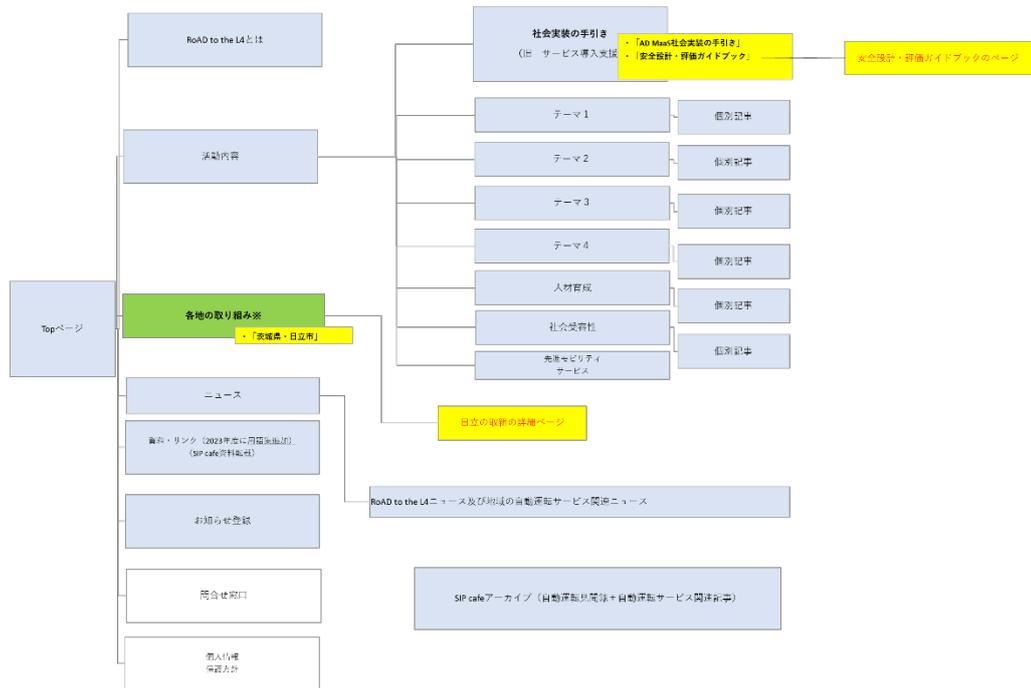


図 3-38 RoAD to the L4 サイト構成図

ひたち BRT 専用道での取り組みに関するトップページを図 3-39 に示す。公開初年度となる 2022 年度は「茨城県日立市」のみとなるが、情報発信の有効性を検証・アピールしながら、他地域の取り組みについても情報発信に関する理解を得ながら、随時作成いただけた地域から追加を行っていく。

## レベル4自動運転の社会実装に向けた各地の取組

これからレベル4自動運転に取り組み始める地域を応援するために、日本で取り組まれているレベル4自動運転の取組を紹介します（RoAD to the L4のテーマ1～4を含む）。

運行サービスの内容や実証実験の計画、安全性に関する情報開示等を掲載予定です。

No	地域名	概要	リンク
1	茨城県日立市	鉄道跡地を一般車両や自転車などが混在しないバス専用道路空間として整備されたひたちBRTにおいて、無人自動運転移動サービスの実現に向けて、自動運転システムの開発や安全性評価等に取り組んでいます。 また、2022年度にはひたちBRT専用道において実証実験を実施しています。	詳細

**RoAD to the L4**

自動運転レベル4等先進モビリティサービス  
研究開発・社会実装プロジェクト

[Home](#) > [RoAD to the L4とは](#) > [活動内容](#) > [各地の取り組み](#) > [ニュース](#) > [お知らせ登録](#) > [資料・リンク](#)  
[個人情報保護方針](#) > [利用規約](#)

経済産業省（法人番号 4000012090001）  
 〒100-8901 東京都千代田区千代田1-3-1 代表電話 03-3501-1511

Copyright © Ministry of Economy, Trade and Industry. All Rights Reserved.

図 3-39 各地の取り組みのトップページ

茨城県日立市の詳細ページを抜粋して図 3-40 に示す。

**RoAD to the L4** 自動運転レベル4等先進モビリティサービス  
研究開発・社会実装プロジェクト

Home RoAD to the L4とは 活動内容 各地の取り組み ニュース お知らせ登録 資料・リンク

ひたちBRTの取り組み

目次

1. ひたちBRTにおける実証実験の経緯

年次	概要	実施内容	実施結果
2020年度	ひたちBRT専用道（約1.5km）の整備完了。専用道に合わせたバス車両の導入。専用道に合わせたバス時刻表の策定。	専用道に合わせたバス車両の導入。専用道に合わせたバス時刻表の策定。	専用道に合わせたバス車両の導入。専用道に合わせたバス時刻表の策定。
2021年度	専用道に合わせたバス車両の導入。専用道に合わせたバス時刻表の策定。	専用道に合わせたバス車両の導入。専用道に合わせたバス時刻表の策定。	専用道に合わせたバス車両の導入。専用道に合わせたバス時刻表の策定。
2022年度	専用道に合わせたバス車両の導入。専用道に合わせたバス時刻表の策定。	専用道に合わせたバス車両の導入。専用道に合わせたバス時刻表の策定。	専用道に合わせたバス車両の導入。専用道に合わせたバス時刻表の策定。

**RoAD to the L4** 自動運転レベル4等先進モビリティサービス  
研究開発・社会実装プロジェクト

Home RoAD to the L4とは 活動内容 各地の取り組み ニュース お知らせ登録 資料・リンク

ひたちBRTの取り組み

目次

6. 検証 ～自律システム～

最新情報

- ひたちBRT専用道（約1.5km）の整備完了。専用道に合わせたバス車両の導入。専用道に合わせたバス時刻表の策定。
- 専用道に合わせたバス車両の導入。専用道に合わせたバス時刻表の策定。
- 専用道に合わせたバス車両の導入。専用道に合わせたバス時刻表の策定。

図 3-40 各地の取り組み 茨城県日立市の詳細ページ（抜粋）

安全設計・評価ガイドブックの表示イメージを図 3-41 に示す。

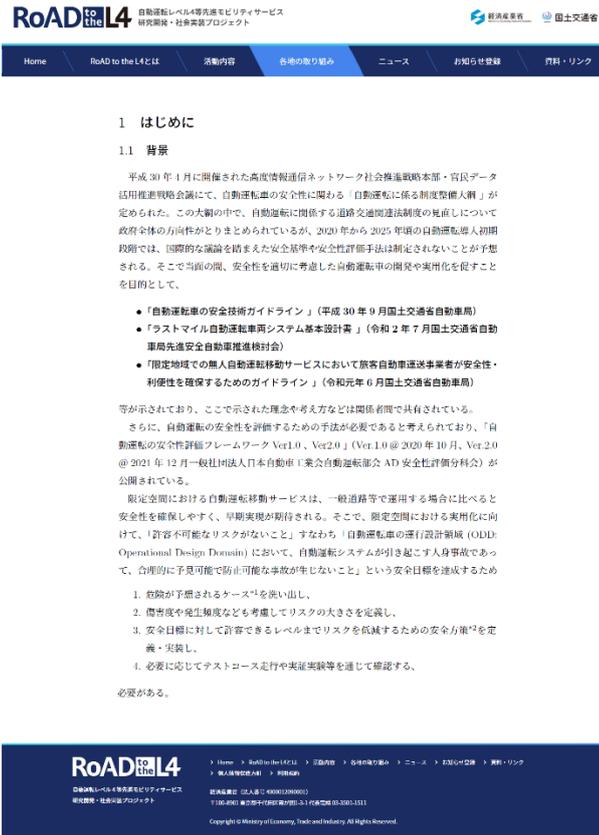


図 3-41 安全設計・評価ガイドブックの表示イメージ

## 第4章 車両開発

### 4.1. 自動運転バスの多様化

自動運転システム要素については、車載センサの死角をなくすこと、それに伴う障害物認識精度を向上させることなど、高度化に向けた車両開発と重複する箇所が多いため割愛する。

本年度はひたち BRT 専用道区間における実証実験を行ってきたが、専用道区間かつ走行車両が決まっているため検討範囲は限られており、様々な地域で走行させる場合、走行シーンの多様化に対応可能な自動運転システムが求められる。

#### 4.1.1. 走行シーンの多様化

ひたち BRT では、自動運転区間において路駐車や緊急車両は基本的にないが、複合交通環境においては存在する。また、

本報告書においては、2023 年度テーマ 4 の内容と重複する箇所が多いことから、「無信号交差点での通過における自動化」のみに関して記述する。

無信号交差点では、交差車両、対向車両、歩行者、自転車など多岐にわたる障害物を検知する必要がある。過年度の車両では車両走行予定経路のみを制御対象としていた（図 4-1）が、本年度においては左右前方の障害物検知結果（図 4-2）を車両制御に用いることで、交差点における発車停車判断の自動化を進めた。

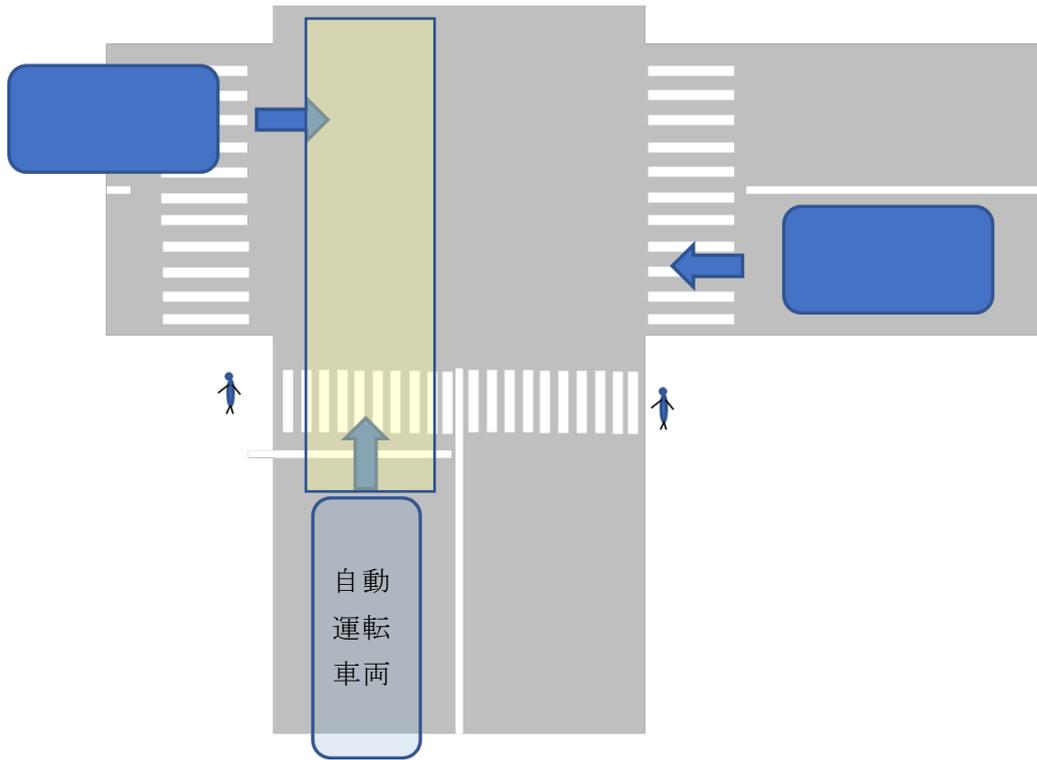


図 4-1 従来の検知結果の活用範囲

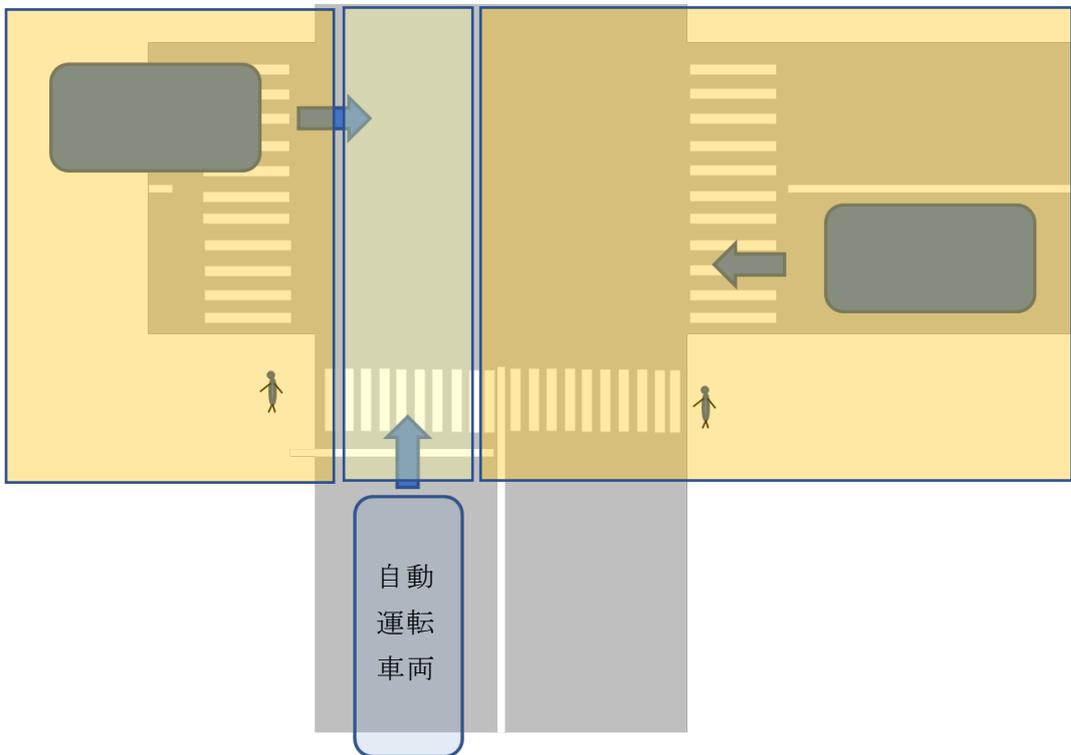


図 4-2 本年度検知結果の活用範囲

車両制御のロジックとしては以下のとおりである。

1. 停止線で一時停止する。

2. 左右からくる車両や横断待ち歩行者を一定時間検知なければ発進する。

左右からくる車両や横断待ち歩行者を検知している場合は、停車を続ける。

ただし、歩行者や車両が自車両の走行予定経路に一定時間向かってこない場合は、発進する。

### 【結果】

2/24 の 4 便目の寺方バス停北側の緑横断帯にて、上記ロジックにより、信号無の緑横断帯にいる歩行者を検知して、停車できることを確認した。

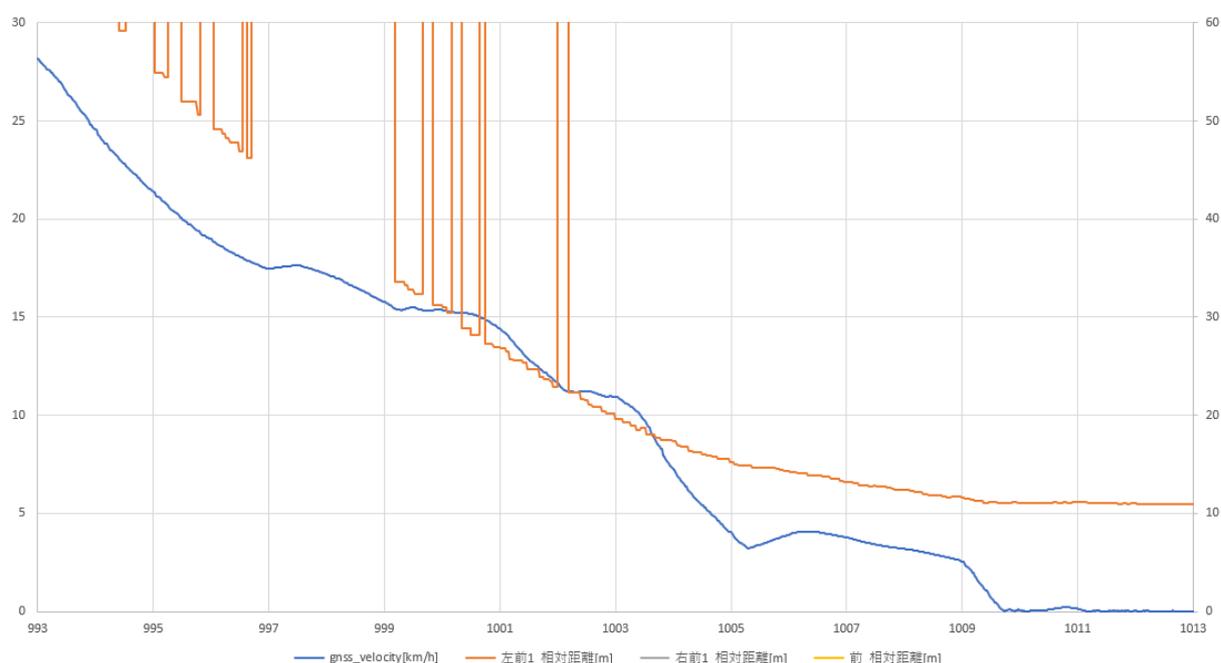


図 4-3 信号無交差点で歩行者を検知して停車

### 【課題】

左右からくる車両や横断待ち歩行者が自車レーンに向かってこない判定時間と同時に相手も動き出すケースがあり、車両側だけの検知情報では判断できないケースがある。

対応案として、

1. 検出している限り停車を続ける

2. 矢印信号や歩者分離信号等を取り付ける

という案もある。

対応案 1 は、その場合相手が動く意思が無ければ、ずっと停車続けてしまう。相手に対して先に進むようアナウンスするなどの対応が必要になると考えられる。

対応案 2 は、インフラ設置費用や交通の流れの妨げなどの新たな課題もあると考えられる。

## 第5章 遠隔監視システムの多様化検討

### 5.1.1. 遠隔監視者の役割検討

#### (1) 想定運行サービスの調査と役割の整理

遠隔監視者の役割検討においては、交通事業者を集めた車内乗客安全ワーキンググループ(WG)を主導し、役割として重要な現在の乗務員のタスクの整理を行った。車内乗客安全ワーキングは、2022年度は3回実施し、交通事業者を中心としたメンバーで多くの議論を行った。議論詳細は非公開ではあるが、まとめたアウトプットについては、本プロジェクトのWEB ページにおける安全設計評価ガイドブックの中で公開される。車内乗客安全WGの開催概要や日程等については、下記の通りである。

#### 1) 実施日程

##### (A) 第1回車内乗客安全WG

- ・ 日時：令和4年11月14日（月）17:00～18:30
- ・ 形式：ハイブリッド

##### (B) 第2回車内乗客安全WG

- ・ 日時：令和4年12月21日（水）15:00～17:00
- ・ 形式：ハイブリッド

##### (C) 第3回車内乗客安全WG

- ・ 日時：令和5年2月13日（月）10:00～12:00
- ・ 形式：ハイブリッド

#### 2) 委員及びオブザーバー

委員及びオブザーバーを下記に記す。

##### ● 委員

交通事業者等

##### ● オブザーバー

関係省庁及び自動運転に関わる企業や大学等

#### 3) 議題内容

##### (A) 第1回車内乗客安全WG

###### 【要旨】

- ・ 各社の取り組み紹介
- ・ 協調領域の考え方
- ・ 国土交通省検討会の紹介
- ・ 乗務員のタスクの確認

##### (B) 第2回車内乗客安全WG

【要旨】

- 第1回の確認と各委員からのコメント
- 乗務員のタスク一例の議論

(C) 第3回車内乗客安全 WG

【要旨】

- 第2回の確認と各委員からのコメント
- 乗務員のタスク整理
- 協調領域の考え
- 次年度に向けて

4) 今年度得られた成果と今後の予定

(A) 今年度得られた成果

- 乗務員のタスクの網羅性を複数の事業者間で確認
- 乗務員のタスクの網羅性やタスクにおける協調領域の確認
- 安全設計評価ガイドブックに記載する車内乗客安全の項目

(B) 今後の WG の方針

- 2022年度に取りまとめられる国土交通省の検討会結果を踏まえた車内乗客安全における対応の考え方を議論する。
- 本プロジェクトの別WGである安全走行戦略WG との連携による全体の網羅性や協調の考え方を議論する。
- 技術提供側や無人サービス事業者等へのヒアリングを行いながら上記の検討を行う。実際の実証実験の経験や知見などの情報共有を行いながら、事業者間で協調の場を提供し、L4 の車内安全の実現の加速に貢献する。

(2) 役割毎の負荷の定量化に向けた構成要素の洗い出しと評価【多様化の観点】

車内無人での自動運転移動サービスの実現に向けては、車内の安全確保及び乗客へのサービス提供に実施するべきタスクについて、車両の自動運転システムや遠隔監視システム、遠隔監視者の対応などで対応する必要がある。2022年度の車内乗客安全 WG にて洗い出したタスクについて、遠隔監視システムを通して監視者が定期的にそのタスクを行うシナリオが考えられるが、その負荷がどの程度であるかによって、遠隔監視者が実際に行えるか、また一人の遠隔監視者が何台の車両を監視できるかの提案を行うことが可能である。ここでは、まず遠隔監視者が定期的な監視作業を行う際に、それぞれのタスクの負担を定量に評価し、異なる作業を切り替えて従事する際のタスクスイッチコスト (Task Switch Cost) によるパフォーマンスの低下を実際の被験者実験によって評価を行った。実験結果では、監視タスクへの反応時間について、ランダムな切り替えの条件が、単独タスクの条件や繰り返しタスクの条件よりも反応時間が長かった。これは、異なるタスクに従事する場合、次のタスクに切り替えるためのタスクスイッチコストが無

視できないことを示す。従って、遠隔監視者の作業フローを設計する際には、監視作業の切り替えに必要な反応時間を配慮する必要がある。

### (3) ODD に応じた遠隔監視者による支援の整理

2021 年度から継続である ODD 外の場面において考えられる遠隔監視者による支援について、システムの高度化によって解決すべきものを整理し検討する。場面は、ひたち BRT を対象として、遠隔監視者/乗務員の役割検討の第 2 象限（システム正常時で緊急時）におけるモード遷移が考えられることから、事業者からの要望も含めシステムの高度化に求められるものの複数の支援について整理を行った。2022 年度は、今後想定される支援の広がりやを考慮するとともに、ひたち BRT 地域の自動運転レベル 4 機能を鑑みて、2021 年度で行った整理に、新たな整理が必要であるか検討を行った。2022 年度においては、ひたち BRT の実証については、レベル 2 での運用であり、レベル 4 の先行事例を対象とすることができなかった。そのため、走行に関する支援においては、2021 年度に行った整理に加えるべき他の支援や変更はなかった。一方、支援についての整理においては、より具体的な検討を行うべく、実際のひたち BRT で使う車両を用いて、支援の整理を検討できる環境構築までを行った。緊急時を想定した環境構築と評価については、次節にて説明する。加えて、ODD 外だけでなく、車内安全における新たな整理を行った。具体的には、実環境における動画を交えながら、緊急時にどのような対応が可能かについて、運行事業者とのディスカッションも踏まえて、支援の整理を行うとともに、ODD 外の場面や車内安全における緊急時や異常時における遠隔監視者に対する支援を検討した。加えて支援策については、運行事業者の想定担当者へのヒアリング等を通じて、支援の在り方について検討した。本節では上記までの説明にとどめる。なお、上記の遠隔監視者への支援を機能として加えた実験用の遠隔監視システムを構築し、実際の R4 年度現地実証実験画面を通じた評価の予備的な検討を実務者によって行った。実験では、認知・疲労感をアンケート形式で評価した結果、1 日の支援を含めた監視においても眠気の上昇傾向が見られた。また、精神的な負担については、大きな変化は見られなかった。一方、まだ予備的な実験に留まることに加えて、タスクを実験的に課されるのではなく、仕事としてのタスクとしてのエビデンスベースとなるような被験者実験の実施を行うことが今後の課題である。

#### 1) 緊急時を想定した遠隔監視の支援の整理に向けた環境構築

自動運転レベル 4 実行時に必要となる遠隔システムにおける自動運転バスの車内及び車外の映像の安定と低遅延を実現するためのシステム構築を行った。実際の遠隔監視者への支援では、まずは低遅延や映像の安定性が求められるため、それらを確立するシステムの構築を実際のひたち BRT の自動運転バスを用いて行った。本システムは、テーマ 1 で開発されているシステムを一部用いることにより、今後の横展開も見据えた仕様となっている。

(A) 作業項目とその通信仕様

a) 自動運転バスに搭載されたPCのための通信プログラムを改造した低遅延通信装置の製作

現在の自動運転バスに搭載されたPCとの通信の確立を行うための映像通信システム側の通信プログラム改造を行った低遅延通信装置を製作する。

自動運転バスのPCでは、TCP/IPでの通信を行っており、それに対応する映像通信装置の通信プログラムの改造を行った。

b) 通信仕様

3キャリア（NTTドコモ、KDDI、ソフトバンク）の低遅延映像伝送装置を自動運転バスに設置し、映像受信装置を遠隔監視室に設置し、遠隔監視室からの映像と通信の確認を行った。

なお、映像伝送の確認においては、下記を満たしたものとした。

- ① 低遅延の動画コーデックはH.265を用いる
- ② 超短遅延の映像伝送方式は次の遅延性能を備える  
遅延性能：伝送装置のエンコーダと受信装置のデコーダに係る映像処理時間は50msec以下（カメラ、モニタ及び通信回線（モバイル回線及び遠隔監視室までの引き込み伝送路）の遅延時間を含まない）
- ③ マルチリンク機能をもち、通信回線のスループットの変化による映像通信途絶の起きにくい装置
- ④ 自動運転バスが、映像伝送装置に送った情報は、受信側の映像受信装置から正確に（所定の品質で）出力できること

(B) システム構成

a) 遠隔監視システムの構成[ブロック図]

- ・車両にカメラ・マイク等、及び遠隔通信システム(送信機)を搭載し、3本の4G/LTE公衆回線を使用して映像/音声/制御データを伝送する。
- ・遠隔センター側にはモニタ、マイク/スピーカ等を具備し、監視制御盤を操作して映像・音声確認/通話を行う。
- ・映像/音声/制御信号は低遅延で伝送する。(信号入力-符号化-ネットワーク遅延-復号化-信号出力含む)
- ・車両→遠隔の制御信号(車両情報)はモニタに表示する。また遠隔→車両の制御信号(運行指示等)は必要により操縦制御部のボタン操作、映像系の制御信号は監視制御盤のタッチパネル操作により行う。

(\*遠隔→車両の制御信号による運行指示等の操作の実証は、2022年度の作業では実施しないこととした)

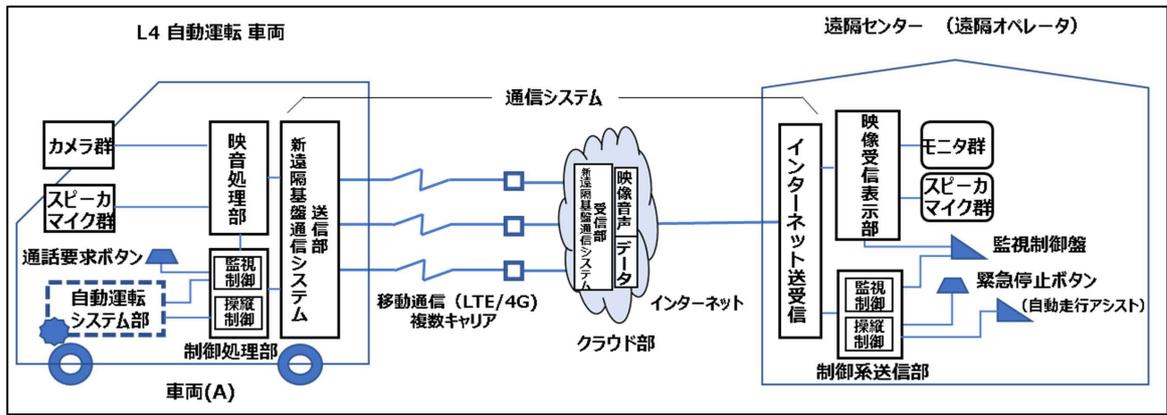


図 5-1 遠隔監視システムの構成ブロック図

b) 遠隔監視システム及び遠隔基盤通信システム（通信基盤システム）の実装モデル

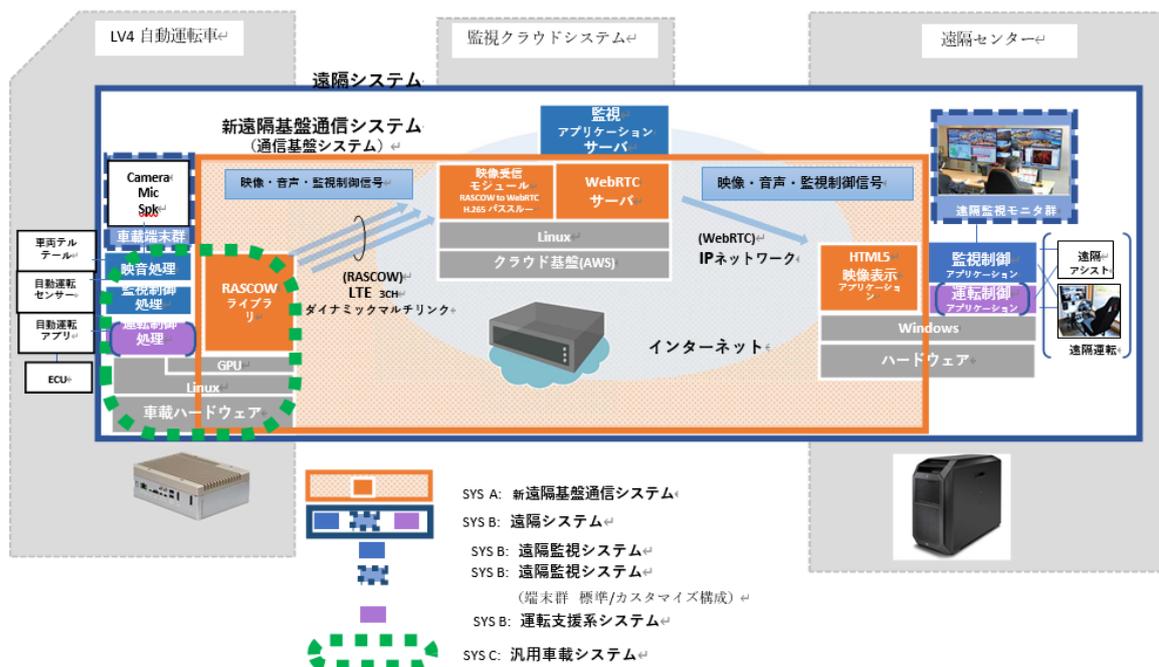


図 5-2 遠隔監視システム及び遠隔基盤通信システム(通信基盤システム)の実装モデル

c) 車載装置の構成

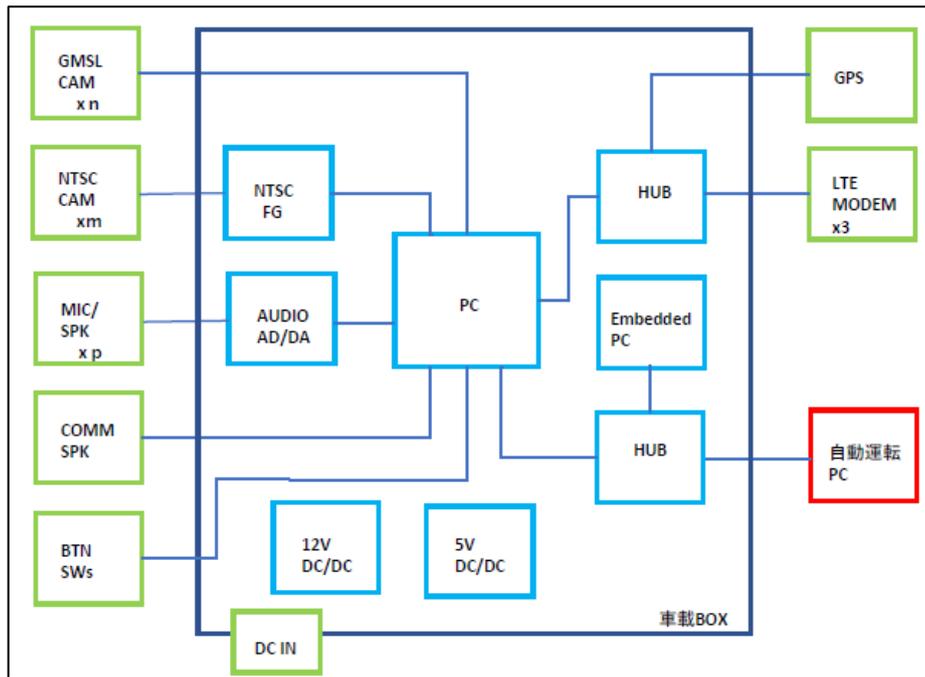


図 5-3 車載装置の構成

d) 遠隔監視システム監視センター構成図

遠隔監視センターの標準システム構成図(図 5-4)を示す。(ひたち BRT での R4 年度現地実証実験対応)

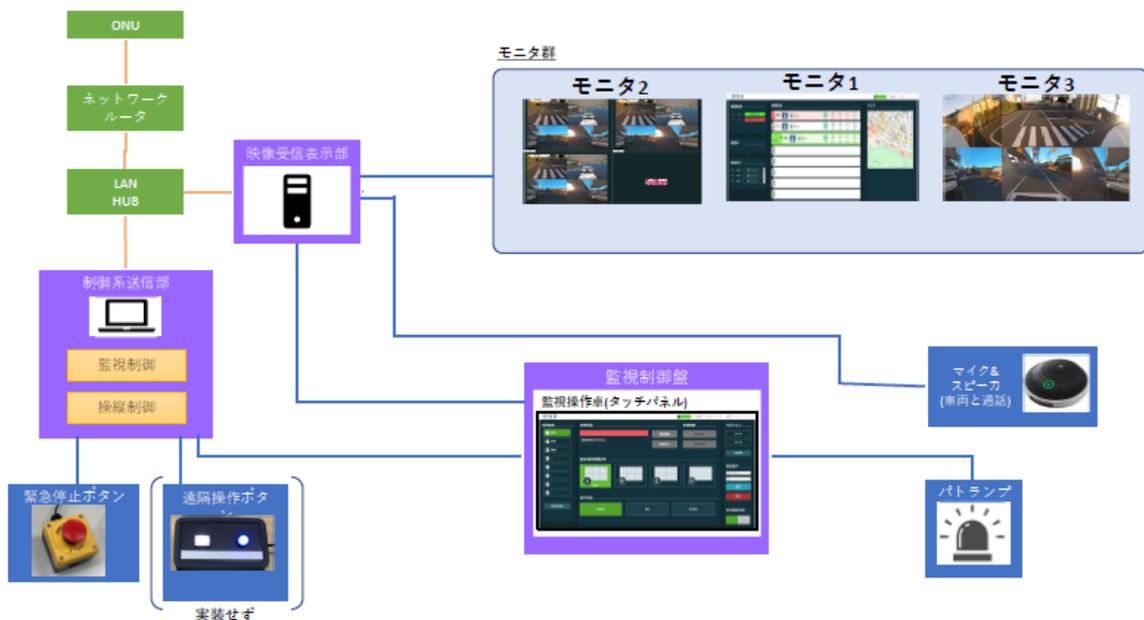


図 5-4 遠隔監視システム監視センター構成図

(C) 産総研つくば北サイトにおける持ち込み低遅延映像伝送装置の取り付け、通信

の確認

まずは、産総研つくば北サイトのテストコースにおいて、機器の準備を行うとともに、システムの稼働確認を行った。

a) 通信電波状況調査データ

3キャリア（NTTドコモ、KDDI、ソフトバンク）の4G/LTE回線各1回線、合計3回線を使用。

同サイト内での受信通信方式が所定の映像通信品質を満たさないため、映像の受信は新宿地区の当社ビル内とした。

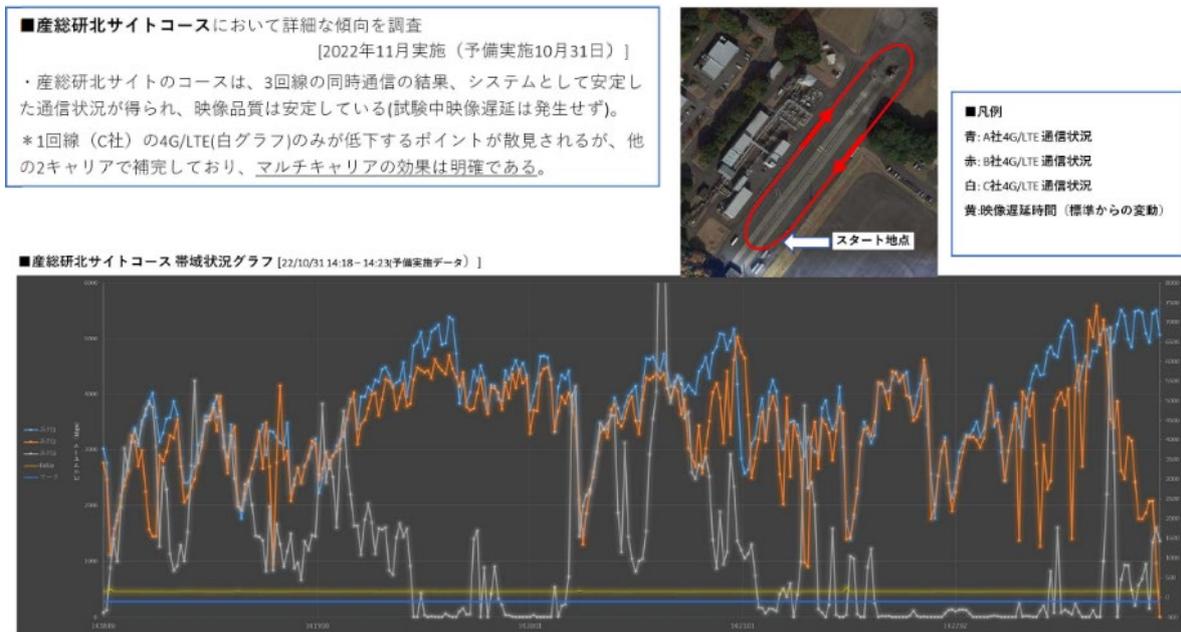


図 5-5 産総研つくば北サイトにおける通信電波状況調査データ

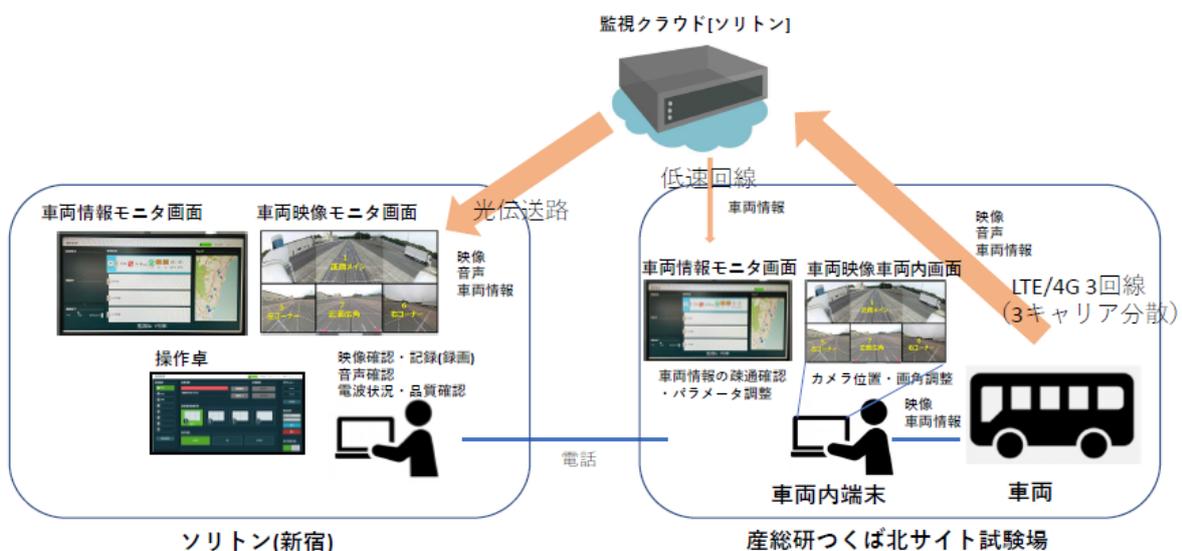
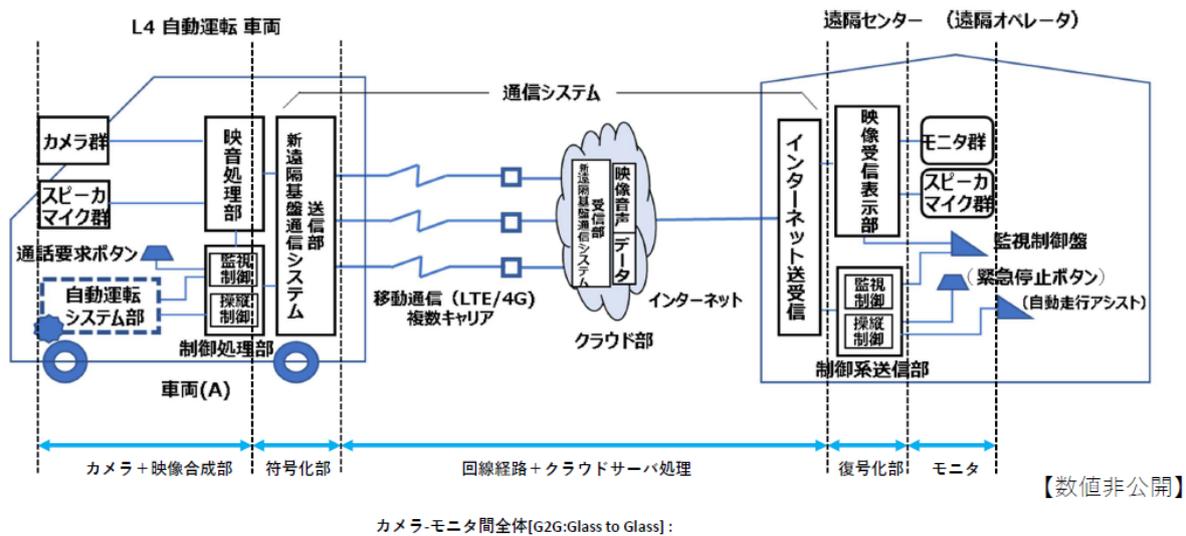


図 5-6 産総研つくば北サイト試験実験構成図

b) 装置の遅延時間の推定

仕様にある「伝送装置のエンコーダと受信装置のデコーダに係る映像処理時間（カメラ、モニタ及び通信回線（モバイル回線及び遠隔監視室までの引き込み伝送路）の遅延時間（含まない）」を直接計測することはフィールドにおいては極めて困難である。

このため、全体システム系の遅延時間（G-2-G）を光学的に計測し、そこから各構成要素が有する既知の遅延時間（通信路は代表値）を減じて、当該値を推定した。この方法により、低遅延と推定される。



\*計測方法

- A. モジュール動作検証による内部(データ)計測： ①符号化-復号化部 / ②クラウドサーバ処理部
- B. LED+光センサ計測装置を使用して実測
  - ③G2G(全体)、④カメラ+映像合成部+モニタ表示区間
- C: ③-(①+②+④) 差分より回線経路遅延を推定

図 5-7 装置の遅延時間の推定

(D) ひたち BRT における持ち込み低遅延映像伝送装置及び映像受信装置の確認及び HMI の通信確認

実際に 3 キャリア（NTTドコモ、KDDI、ソフトバンク）の 4G/LTE 回線各 1 回線、合計 3 回線を使用して、ひたち BRT 内での通信が行えることを確認した。加えて、以後に示すように、考えられる遠隔監視者に対する支援方法を確認するため、様々なパターンでのカメラ画像等の確認について、ひたち BRT の R4 年度現地実証実験を通じて、交通事業者との確認を行うことができた。この中では、特にバスの下を見るカメラも取り付けすることで、ODD 外になった際の再発進時にバスの下に潜り込んでいる障害物の有無も確認できるようにした。カメラの位置等については、最終的な自動運転バスのレベル 4 を実現するためのセンサ位置等との調整を行う必要があるが、遠隔監視者における周囲や発車の確認を行えることを確認した。ただし、実際の実験で緊急時や異常時を模擬することができていないことに加えて、レベル 4 の自動運転システムの認可を取得した後、示された条件の元、実際のシステムを用いて最終的な評価を行う必要があると考え

られる。

加えて、先に述べた車内乗客安全 WG においても、検討結果を用いた議論を行っていきたいと考えている。

- a) ひたち BRT 走行ルート（茨城交通株式会社日立南営業所で受信）における通信電波状況調査データ

### ■ 下り方向

#### ■ 日立地区下りコースにおいて詳細な傾向を調査

[2023年1月6日実施]

- ・多賀駅前->おさかなセンターについては、全コース通じて安定した通信状況が得られ、映像品質は安定している(試験中映像遅延発生せず)。
- ・それぞれの区間で、キャリアごとに帯域の細かい揺らぎは発生しているが、システム全体としてはマルチキャリア伝送のため、ビットレートの低調や映像遅延増大の傾向は見られなかった。



#### ■ 凡例

- 青: A社4G/LTE通信状況
- 赤: B社4G/LTE通信状況
- 白: C社4G/LTE通信状況
- 黄: 映像遅延時間(標準からの変動)

#### ■ 日立下りコース 帯域状況グラフ [23/01/06 14:05 - 14:45]

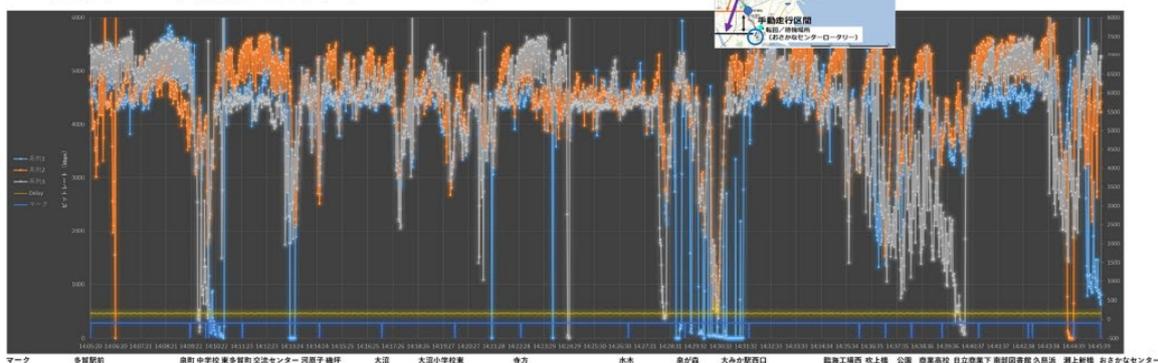


図 5-8 通信電波状況調査データ(下り方向)

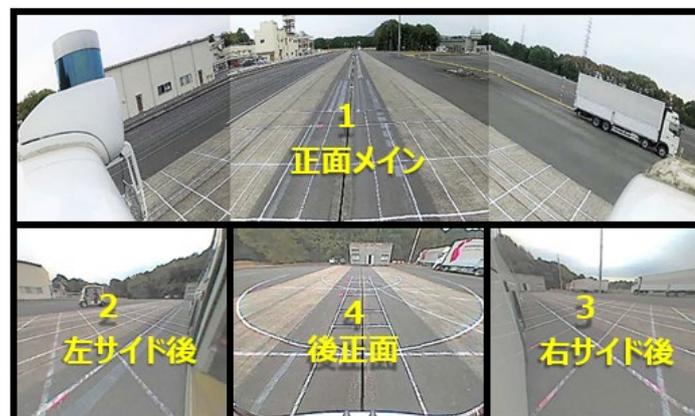
- b) 監視センター設備（茨城交通日立南営業所内）



図 5-9 監視センター設備（茨城交通日立南営業所内）

c) 監視映像のモニタ表示モニタ 2 構図 A（周辺標準）

(1) 構図Aの映像配置



(2-ア) 構図Aの映像 (a,b)



a: 直線 左歩行者



b: カーブ

(2-イ) 構図Aの映像 (c,d)



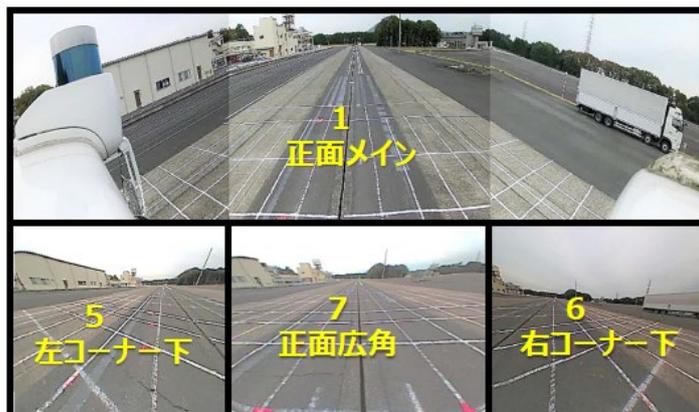
c: 停留所 すれ違い退避



d: 停留所 退避後進行

d) 監視映像のモニタ表示 モニタ 2 構図 B (周辺 前方注意)

(1) 構図Bの映像配置



(2) 構図Bの映像



e: 左直前歩行者の振る舞い



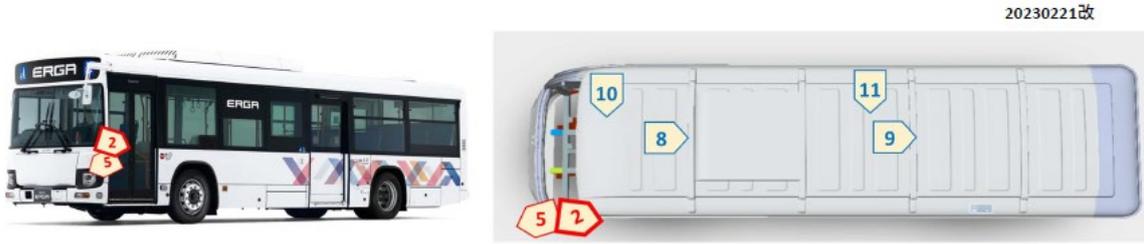
f: 右鋭角交差路の視界



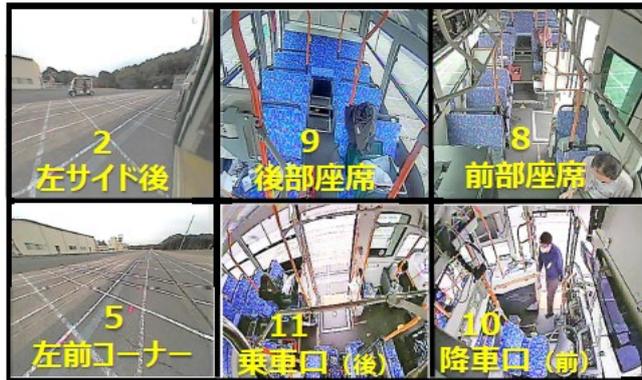
g: 子供連れ横断歩行者の視界、直近視界

e) 監視映像のモニタ表示モニタ 2 構図 C (車内・乗降)

(1) 構図Cの映像配置



20230221改



図は実証実験後に  
変更した構図を示す

(2-ア) 構図Cの映像配置



実証実験時の構図



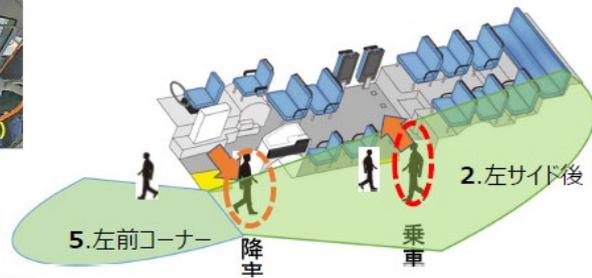
変更後の構図

(後部：乗車)

(前部：降車)

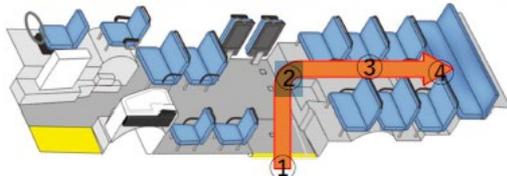
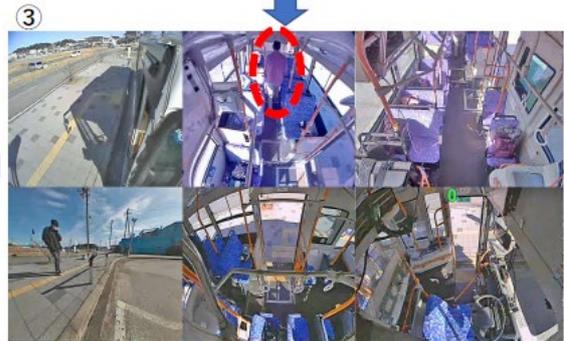
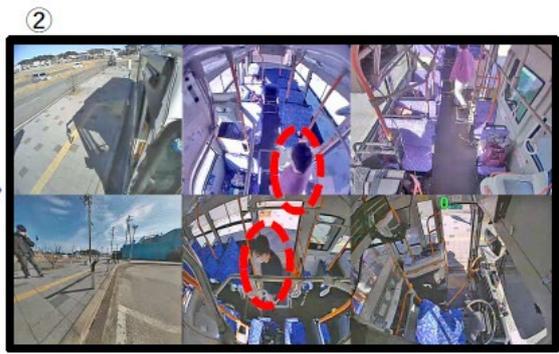
実証実験の結果、構図Cの画面  
配置を変更する。

以下、写真は、配置変更後の構図



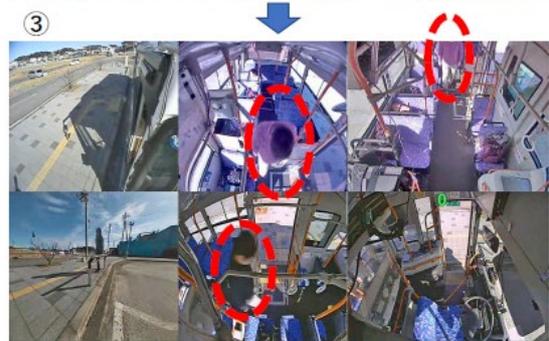
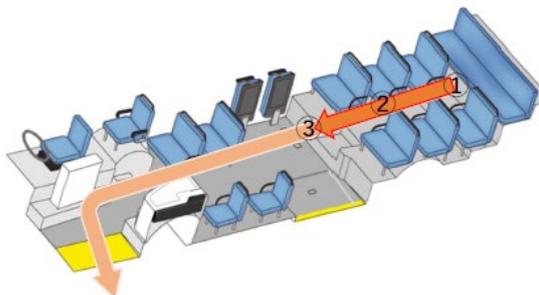
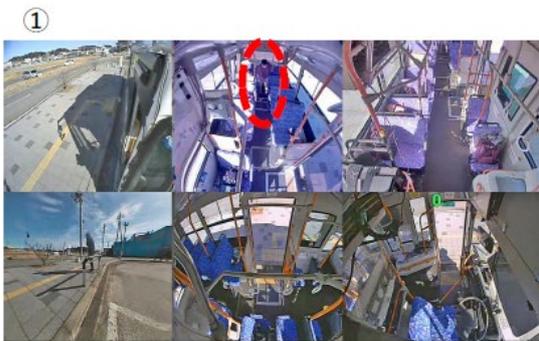
h: 乗車、降車 同時、その他歩道歩行者

① (2-イ) 構図Cの映像配置 乗車→着席



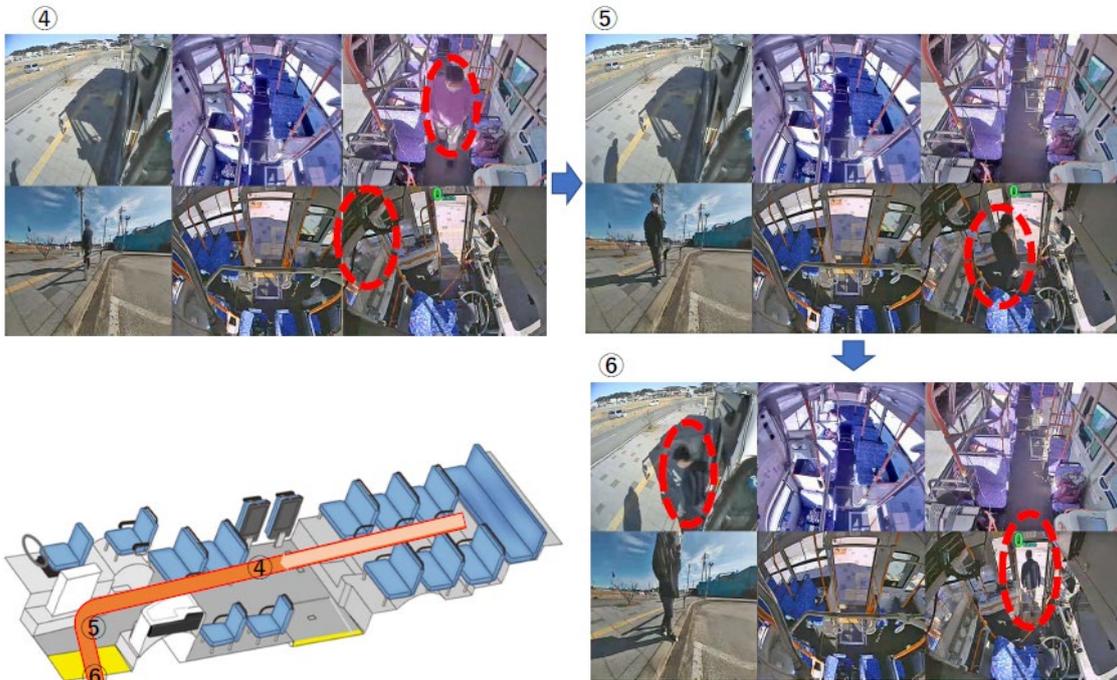
i: 乗車して最後部座席着席

(2-ウ) 構図Cの映像配置 離席→降車 (その1)



J-1: 最後部座席離席→中ドアまで前進

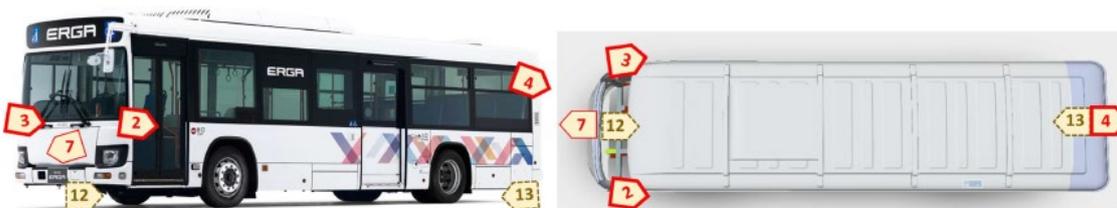
(2-I) 構図Cの映像配置 離席→降車 (その2)



J-2 :中ドア付近→降車口 (前ドア) から降車

f) 監視映像のモニタ表示モニタ 2 構図 D (車体底部)

(1) 構図Dの映像配置



(2) 構図Dの映像



k: 横断歩道通過



m: 停留所通過

## 第6章 インフラ連携の多様化検討

### 6.1. 検討背景

平成30年9月に国土交通省自動車局より発行された「自動運転車の安全技術ガイドライン」において、「自動運転車の運行設計領域（ODD）4において、自動運転システムが引き起こす人身事故であって合理的に予見される防止可能な事故が生じないこと」とされており自動運転車の安全性確保が求められている。

近年自動運転車両の技術革新は著しく発展しているが、現在の自動運転車両のみでは複雑な走行環境を走行するためには多くの課題が挙げられる。そこで、1つの解決手段として、インフラ連携が挙げられる。自動運転移動サービスの実装や自動運転移動サービスの全国地域への横展開に向けて、自動運転車両とインフラの連携は重要であることから、インフラ連携の多様化検討を実施した。

### 6.2. 走行環境整備の在り方検討

インフラ連携の多様化検討にあたり、インフラの広義にあたる走行環境は自動運転車両が走行する上で重要である。そこでまず自動運転車両の走行を考慮した走行環境の整備の在り方について検討を実施した。

### 6.2.1. 走行環境整備の在り方に関する考え方

様々な地域の走行環境（混在交通、閉鎖空間、限定空間等）の中でレベル4自動運転サービスを展開するにあたり、自動運転車両は基本的に自律で走行することを前提とする。しかし、自律で対応が困難なシーンにおいては、走行環境の整備として道路構造の整備、協調型インフラの導入、交通規制等を用いた走行環境の構築の可能性を検討すべきである。

表 6.2-1 の走行環境整備の在り方に関する考え方に基づき、想定される対策案を調査しながら、そのメリット・デメリットを整理した。

表 6.2-1 走行環境整備の在り方に関する考え方

目的	方策	手段	考え方
自動運転車両の自律性の確保	1.車両感知空間の確保	障害物の移設	自動運転車両の自律性を高めることで、できるだけ車両側で、安全確保と円滑な走行ができるようにする。
自律での対応が困難なシーンへの対応	2.自動運転バスの走行性の確保	信号連携	右折や死角のケース等での、自動運転車両の自律性に対する冗長性の確保、また自律での単独対応が困難な場合のインフラ側からの支援を実施。
		車両感知	
		歩行者感知	
安全な交通の確保	3.交通規制等変更	主道路の変更（速度抑制）	他交通参加者との交通事故リスクをふくむ、自動運転車両の事故リスクの抑制するため。
	4.待機空間の確保	歩車を離す	
円滑な交通の確保	5.BRT専用空間の確保	歩車分離	自動運転サービスの走行経路において、他交通参加者の介入を抑制・感知し、想定速度で走行し、運行ダイヤを維持するため。
	6.注意喚起	走行情報の提供 接近情報の提供	

#### (1) 車両感知空間の確保

##### 1) 障害物の移設

自動運転車両の自律性の確保において、障害物の移設による、車両感知空間を確保する対策案について整理した。

#### ①. バス停の移設

バス停が勾配部、曲線部にあるなど、車両センサが感知しにくい場所にある場合、バス停の移設（利用者の利便性を損なわない範囲）を行う。

バス停の移設費用は発生するものの、移設によりセンサの到達範囲が広がり車両感知空間が確保される。



図 6.2-1 勾配部、曲線部のバス停の整備例

出典：国土交通省 通学路・生活道路の安全確保に向けた道路管理者による対策実施事例

②. 交差点死角構造物の移設

車両から交差点の見通し（センシング）を遮る構造物がある場合、構造物の移設（交通規制、利便性を損なわない範囲）を行う。

構造物の移設費用は発生するものの、移設によりセンサの到達範囲が広がり車両感知空間が確保される。



図 6.2-2 立入防止フェンスの移設例

出典：国土交通省 通学路・生活道路の安全確保に向けた道路管理者による対策実施事例

### ③. BRT 構造物の移設

BRT 運行に用いる構造物が、車両からの見通し（センシング）を遮る場合、構造物の移設（交通規制、運行を損なわない範囲）を行う。

構造物の移設費用は発生するものの、移設によりセンサの到達範囲が広がり車両感知空間が確保される。



図 6.2-3 気仙沼 BRT 構造物移設例

出所：JR 東日本「気仙沼線 BRT・大船渡線 BRT（バス高速輸送システム）」

## (2) 自動運転バスの走行性の確保

### 1) 信号連携

自律対応が困難なシーンにおいて、信号連携による、自動運転バスの走行性を確保する対策案を整理した。

### ①. 信号機設置

一般道路との交差点、歩行者の横断箇所において、他の交通参加者の BRT 専用道の横断にあたり、信号機を新たに新設する場合。

交通規制を行う必要があり、設置に費用もかかり、また車両を一時停止されるため車両の流れが滞り得るものの、他の交通参加者との交通が整理されることから安全性が向上する。

## 信号機



図 6.2-4 信号機

出典：警察庁「交通安全施設とは？」

### ②. 信号協調

対向車や左右の他の交通参加者が死角になる場合があるなど、自動運転車両が自動的に右左折が難しい場合、信号協調システム（信号情報の提供システム）の導入が考えられる。現時点で検討・実証段階であり、制度整備はこれからであることと、導入に費用はかかるものの、自動運転バスの近接に応じて信号が変わるため運行時間の定時性が高まり、バスを待つ時間が短縮される。

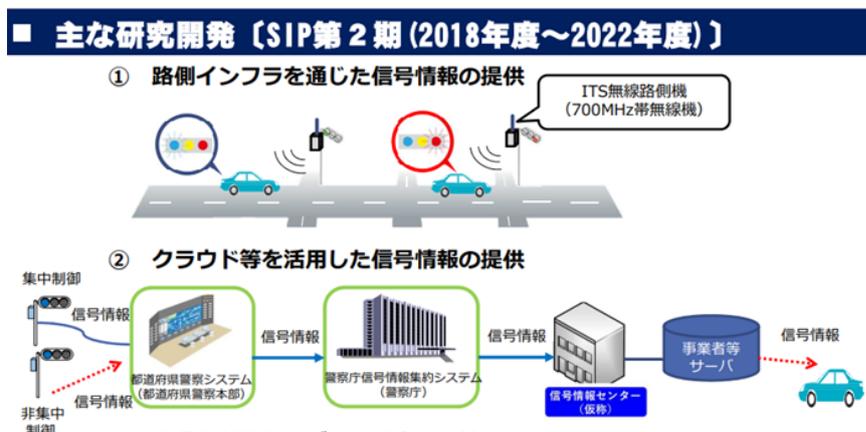


図 6.2-5 信号協調イメージ

出典：警察庁「令和4年度協調型自動運転システムへの情報提供等の在り方に関する検討会」

## 2) 車両感知

自律対応が困難なシーンにおいて、車両感知による、自動運転バスの走行性を確保する対策案を以下の通り整理した。

### ①. 車両感知のために路側センサ設置

交差点、勾配部、曲線部など、対向車や左右の他の交通参加者が死角になり、自動運転車両が自律的に右左折や直進が難しい場合、周辺車両の感知を行う路側センサの設置が考えられる。

車両センサが感知しない車両を認識でき、適切な停発進等につながることで自動走行の安全性が向上するが、設置には費用が生じる。

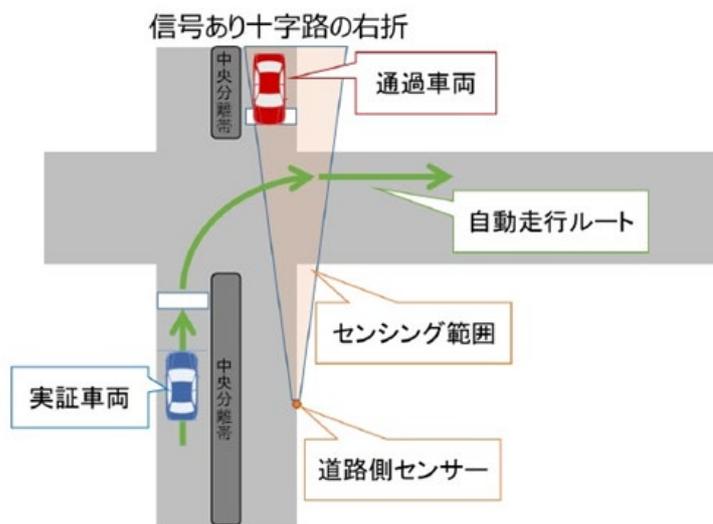


図 6.2-6 信号あり十字路における路側センサ活用イメージ

出典：日本総研「自動運転車両による「住宅地における路車間通信」の実証実験について ～道路側センサが自動運転車両に交差点情報を提供、「右折」等の円滑化と安全確保を検証～」

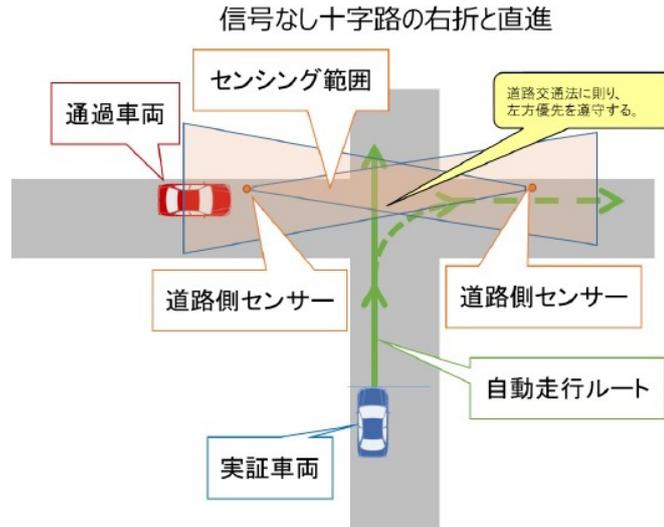
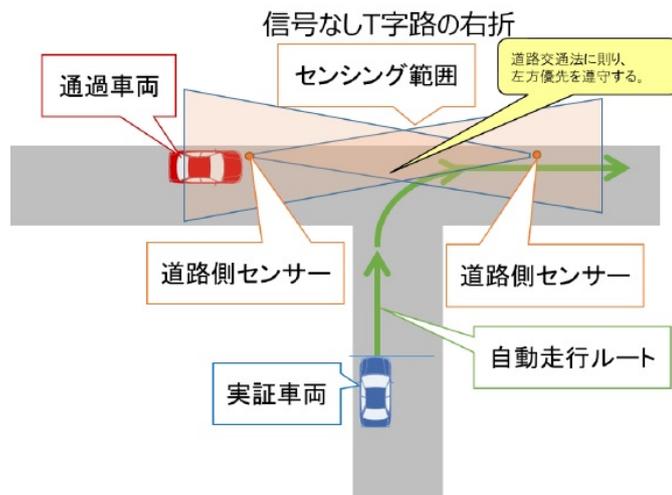


図 6.2-7 信号なし十字路における路側センサ活用イメージ

出典：日本総研「自動運転車両による「住宅地における路車間通信」の実証実験について ～道路側センサが自動運転車両に交差点情報を提供、「右折」等の円滑化と安全確保を検証～」



※ 本実証実験は、近畿運輸局の指導の下で行います。

図 6.2-8 信号なしT字路における路側センサ活用イメージ

出典：日本総研「自動運転車両による「住宅地における路車間通信」の実証実験について ～道路側センサが自動運転車両に交差点情報を提供、「右折」等の円滑化と安全確保を検証～」

### 3) 歩行者感知

自律対応が困難なシーンにおいて、歩行者感知による、自動運転バスの走行性を確保する対策案を以下の通り整理した。

#### ①. 歩行者感知のために街灯（センサ）設置

交差点、勾配部、曲線部など、歩行者が死角になり、自動運転車両が自律的に右左折や直進が難しい場合、歩行者の感知を行う街路灯（センサ）の設置が考えられる。

車両センサが感知しない歩行者等を認識でき、適切な停発進等につながることで自動走行の安全性が向上するが、設置には費用が生じる。



図 6.2-9 街灯（センサ）設置イメージ

出典：みちのりホールディングス、日立電鉄交通サービス  
 「日立市の自動運転実証で新たな取組を実施」

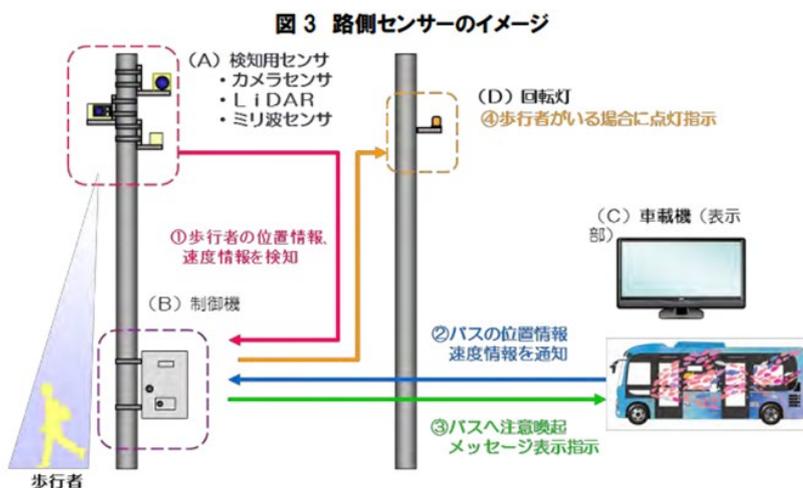


図 6.2-10 路側センサーのイメージ

出典：みちのりホールディングス、日立電鉄交通サービス  
 「日立市の自動運転実証で新たな取組を実施」

### (3) 交通規制等変更

#### 1) 主道路の変更（速度抑制）

安全な交通の確保のため、主道路の変更（速度抑制）による、交通規制等を変更する対策案を以下の通り整理した。

##### ①. 「止まれ」（標識の設置）

道路標識等を用いた停止線を設置し、速度抑制を促し、安全な交通流を確保する。交通規制を変更する必要がある、また、車両を一時停止されるため車両の流れが滞り得るものの、車両の速度が抑制されるため衝突の可能性が低下し安全性が向上する。

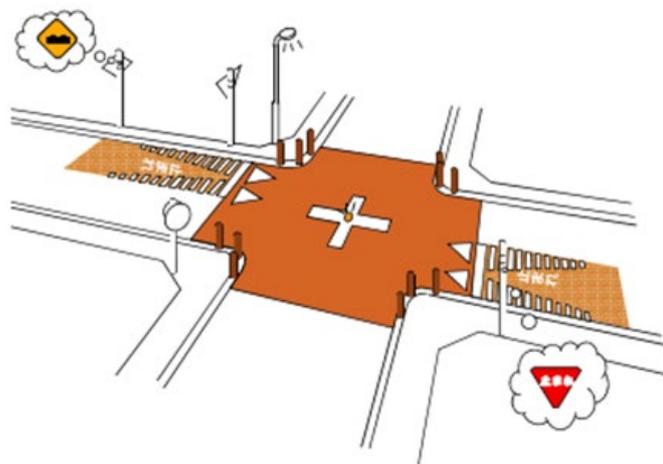


図 6.2-11 「止まれ」標識の設置イメージ

出典：国土交通省「通学路・生活道路の安全確保に向けた道路管理者による対策実施事例」

##### ②. ハンプ等の設置

凸部（ハンプ）を設置し、速度抑制を促し、安全な交通流を確保する。交通規制を変更する必要がある、また、車両が速度を低下されるため車両の流れが滞り得るものの、車両の速度が抑制されるため衝突の可能性が低下し安全性が向上する。



上記写真は、平成29年8月に豊中市柴原町付近に設置されたハンプ

図 6.2-12 ハンプ設置の事例

出典：大阪府警察「ハンプ等の設置による交通安全対策」

### ③. 車線幅員の変更

車線幅員の変更により、速度抑制を促し、安全な交通流を確保する。  
交通規制を変更する必要がある、また、車両が速度を低下されるため車両の流れが滞り得るものの、車両の速度が抑制されるため衝突の可能性が低下し安全性が向上する。

### ■市道82241号線及び82239号線の整備状況

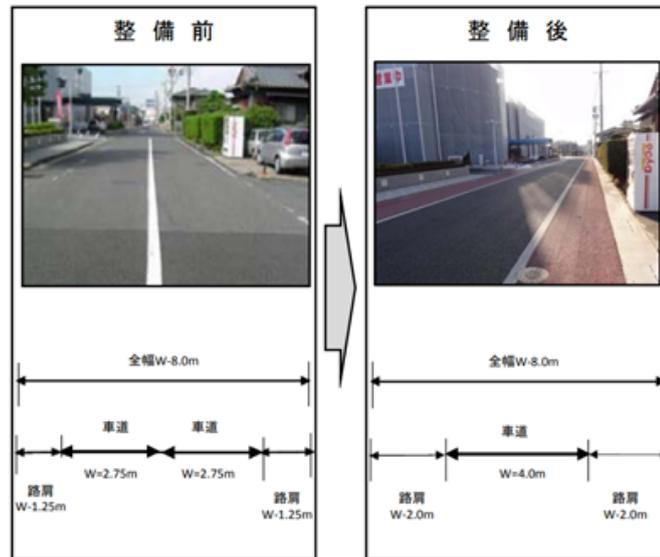


図 6.2-13 車線幅員変更の事例

出典：国土交通省「生活道路における交通安全対策」

#### (4) 待機空間の確保

##### 1) 歩車を離す

- 安全な交通の確保のため、歩車を離すことで、待機空間を確保する対策案を以下の通り整理した。

##### ①. 停止線の後退

現在の車両停止線を後退させることで、歩行者の横断部の幅を拡張することにより、歩行者の待機空間を確保する。

塗装のし直しによる費用はかかるものの、自動運転バスの待機空間に余裕が生まれる。



図 6.2-14 歩車を話した場合のイメージ

出典：国土交通省四国地方整備局「国道11号三条町交差点の車両停止位置の変更を実施します！」  
国土交通省「通学路・生活道路の安全確保に向けた道路管理者による対策実施事例」

②. ポストコーン

歩行者の横断部において、ポストコーンを設置することで、歩行者が車両側にはみ出して、車道横断の待機をすることを抑制できる。  
設置費用はかかるものの、ポストコーンの設置で歩行者の飛び出しを抑制でき、待機空間を確保することができる。



図 6.2-15 ポストコーンの事例

出典：国土交通省四国地方整備局「国道11号三条町交差点の車両停止位置の変更を実施します！」  
国土交通省「通学路・生活道路の安全確保に向けた道路管理者による対策実施事例」

### ③. 区画線（路面ペイント）

歩車分離を明確にする区画線をペイントすることで、歩行者が歩道をはみ出して、車道側で横断の待機をすることを抑制できる。

舗装費用はかかるものの、路面にペイントすることで歩行者の歩行範囲を区画にとどめやすくなり、歩行者の待機空間を確保することができる。



図 6.2-16 区画線の事例

出典：国土交通省四国地方整備局「国道11号三条町交差点の車両停止位置の変更を実施します！」  
国土交通省「通学路・生活道路の安全確保に向けた道路管理者による対策実施事例」

### ④. 看板設置

歩行者横断部に標識などの看板を設置することで、歩行者の横断の待機空間を確保するとともに明確にする。

設置に費用もかかるが、歩行者が車道に飛び出さず歩道を歩行することを促すことから、歩行者の待機空間を確保することができる。



図 6.2-17 看板設置の事例

出典：国土交通省「通学路・生活道路の安全確保に向けた道路管理者による対策実施事例」

⑤. 並行歩道の移設

現在、歩道が明確でない場合、車道と並行して歩道を設置することにより、歩行者の通路を明確にし、横断部での待機空間の確保にもつながる。移設に費用はかかるが、歩道と車道が明確に分離され歩行者の待機空間に余裕が生まれる。



図 6.2-18 並行歩道の移設事例

出所：国土交通省「通学路・生活道路の安全確保に向けた道路管理者による対策実施事例」

## (5) BRT 専用空間の確保

### 1) 歩車分離

円滑な交通の確保のため、歩車分離を行い、BRT 専用空間を確保する対策メニュー案は以下の通り。

#### ①. 遮断機設置

BRT 専用空間を確保し、許可車両以外の専用道への進入を防ぐため、遮断機（バースト）を設置する。

交通規制を変更する必要があり、また、設置に費用もかかるが、BRT 専用空間と歩道、車道が物理的に区分され、ほかの交通参加者が進入する可能性が低下することから安全性向上につながる。



一般道との交差部には専用道側に遮断機が設けられており、徐行または一時停止して通過することになる

図 6.2-19 遮断機の設置事例

出典：東洋経済オンライン「鉄道の DNA が生きるバス「ひたち BRT」」

#### ②. ガードレール・防護柵設置

BRT 専用空間（車道）と、その他空間（歩道等）を、ガードレール等の防護柵を設置し、歩車分離を明確に区分する。

設置に費用もかかるが、BRT 専用空間と歩道、車道が物理的に区分され、ほかの交通参加者が進入する可能性が低下することから安全性向上につながる。



図 6.2-20 ガードレール設置の事例

出典：国土交通省「通学路・生活道路の安全確保に向けた道路管理者による対策実施事例」

(6) 注意喚起

1) 走行情報の提供

円滑な交通の確保のため、自動運転車両の走行情報を提供することで、注意喚起を促す対策案を以下の通り整理した。

①. 看板設置（可変表示板）

自動運転車両の走行経路にある交差点、歩行者の横断部にて、自動運転車両が走行する旨を表示する、看板を設置する。

アナログな看板表示も想定できるが、より注意喚起を促すために電光掲示板等も含めた可変表示版を用いることも考えられる。

可変表示版を含む看板設置には費用がかかるものの、設置に費用はかかるものの、自動運転車両の走行情報を、周辺の他の交通参加者に情報提供することで、注意喚起を促し、安全な交通を確保することができる。

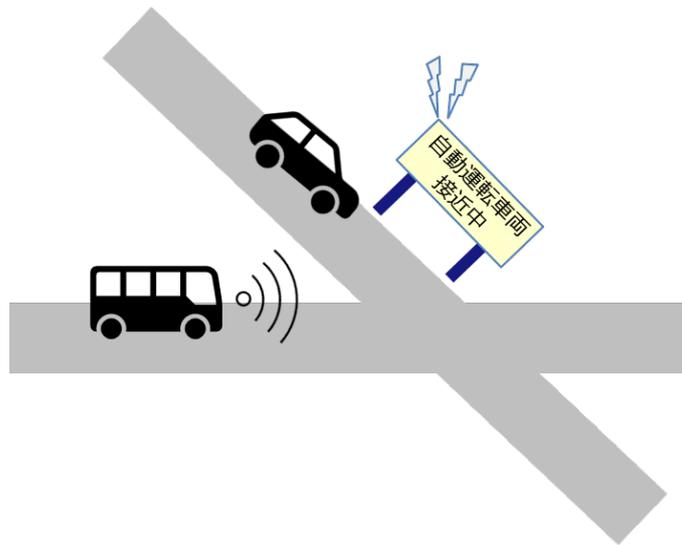


図 6.2-21 看板設置（可変表示版）のイメージ

2) 接近情報の提供

- 円滑な交通の確保のため、接近情報を提供することで、注意喚起を促す対策案を以下の通り整理した。

①. パトランプ

3色型または1色型（主に黄色）のパトランプを、一般道との交差点、歩行者の横断部、または同じBRT専用道を走行する他のBRT車両とすれ違う場所に設置することで、自動運転車両の接近情報を、当該場所で他の交通参加者に通知することができる。

対向車に対して自動運転車両の接近を知らせることで、車両の接近を知らせ注意深く運転することになり安全性向上につながる。

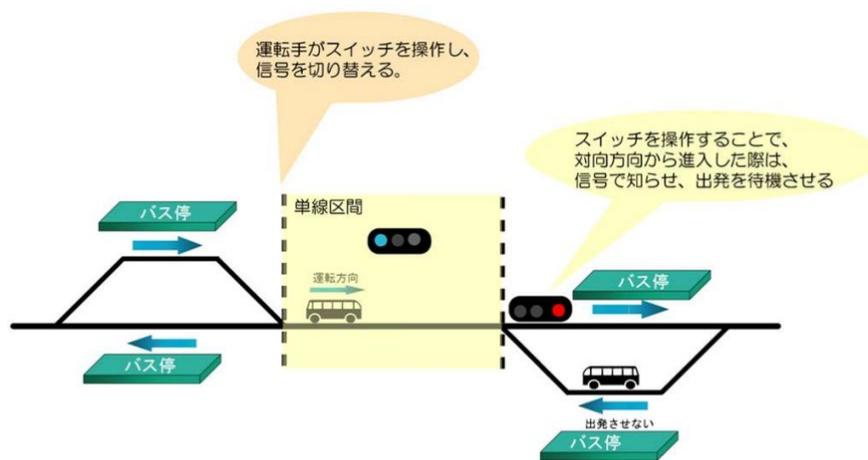


図 単線区間における衝突予防システムのイメージ

図 6.2-22 パトランプシステムのイメージ

出典：日立市「新交通（BRT）導入」

②. 警告音

警告音を発生する音声機器システムを、主に歩行者の横断部に設置することで、自動運転車両の接近情報を、当該場所の歩行者に通知することができる。騒音が発生するが、音で歩行者に対して自動運転車両の接近を知らせることで、歩行者と車両が接近する可能性が減少することから安全性向上につながる。

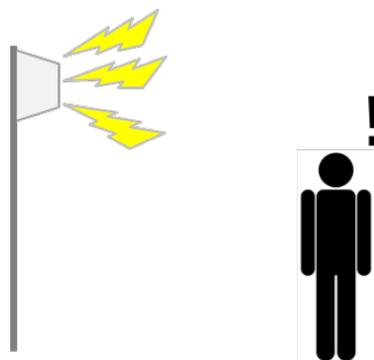


図 6.2-23 警告音のイメージ

(7) まとめ

- ADS 車両の自律性確保、協調システムによる支援、安全で円滑な交通の確保による  
 走行環境整備の在り方は以下の通り整理した。

表 6.2-2 走行環境整備の在り方一覧表

目的		対象メニュー案	自動運転バス	交差道路車両	歩行者	沿道	整備効果	
							メリット	デメリット
車両感知空間の確保	障害物の移設	バス停(障害物の移設)	○				車両感知空間の確保	整備コストが必要
		交差点死角構造物の移設	○		x		車両感知空間の確保	整備コストが必要
		BRT構造物の移設	○				車両感知空間の確保	整備コストが必要
自動運転バスの走行性の確保	信号連携	信号機設置	○	x			安全性の向上	交通規制(主道路変更)、交差道路の円滑性阻害、整備コストが必要
		信号協調	○				時間短縮	整備コストが必要
	車両感知	路側センサ設置	○				安全性の向上	整備コストが必要
	歩行者感知	街灯設置	○				安全性の向上	整備コストが必要
交通規制等変更	主道路の変更(速度抑制)	止まれ	○	x			安全性の向上	交通規制(主道路変更) 交通道路の円滑性阻害
		ハンパ等の設置	○	x			安全性の向上	交通規制(主道路変更) 交通道路の円滑性阻害
		車線幅員の変更	○	x			安全性の向上	交通規制(主道路変更) 交通道路の円滑性阻害
待機空間の確保	歩車を離す	停止線の後退	○		△		待機空間の確保	整備コストが必要
		ポストコーン	○		△		待機空間の確保	整備コストが必要
		区画線(路面ペイント)	○		△		待機空間の確保	整備コストが必要
		看板設置	○		△		待機空間の確保	整備コストが必要
		並行歩道の移設	○				待機空間の確保	整備コストが必要
BRT専用空間の確保	歩車分離	遮断器設置	○	x			安全性の向上	交通規制(主道路変更) 交通道路の円滑性阻害
		ガードレール・防護柵設置	○				安全性の向上	整備コストが必要
注意喚起	歩行情報の提供	看板設置(可変表示版)	○				待機空間の確保	整備コストが必要
		バトランプ	○		△		安全性の向上	-
	接近情報の提供	警報音	○		△		安全性の向上	騒音の発生

### 6.3. インフラ連携に関する多様化検討

自動運転車両が走行するためのインフラ連携に関する多様化検討として、6.2 を踏まえ整理した。また、検討内容について安全設計・評価ガイドブック（第1版）第15章にも同様に整理した。

#### 6.3.1. 自己位置特定の支援

自動運転車は、GPSをはじめとするGNSS（Global Navigation Satellite System、全球測位衛星システム）、非常に短い波長の電磁波であるレーザーの反射光の情報を元に対象までの距離や性質を計測するLiDAR（Light Detection And Ranging）などを用いて自己位置の特定を行い、自律的に走行する。

GNSSを用いた自己位置特定において、GNSS受信機を2つ以上使うRTKなどの相対測位による高精度位置測位や、タイヤの回転数を計測し走行距離を推定するDMI（Distance Measuring Instrument）、ジャイロや加速度センサーが角度及び速度の変化を計測し自己位置特定を支援するIMU（Inertial Measurement Unit）などのGNSS補完機能もあるが、基本的なGNSS受信機の測位精度は±2～3mであり、車線内の走行が基本である自動運転車両にとってGNSSの単独測位での自己位置特定は難しい。周辺に高層の建物がある場合、地下、高架下、トンネルを通過する場合は通信が弱くなる、または失うこともある。

高精度3次元地図データ（HDマップ）に、LiDARやカメラを用いてリアルタイムで周辺環境をセンシングした情報をマッチングさせた、自己位置特定と地図構築を同時に行うSLAM（Simultaneous Localization and Mapping）は、ランドマークと呼ばれる地点位置情報からセンシングした計測データを減算して自己位置の特定を行っている。SLAMで用いるセンサーにおいて、実際に存在するものを正しく認識できなくなる不検知や、実際には存在しないものを存在すると誤って判断する誤検知などの認識外乱が発生すればトラッキングの失敗につながり、自己位置を正しく特定できない可能性もある。

ちなみに非常に高い周波数の電波を用いたミリ波レーダーは、先進運転支援システム（ADAS）の普及に伴い、優れた角度や距離の分解能を活かした高精度な障害物検知として自動車への搭載が進むが、自己位置特定に単独では用いられない。

このような自動運転車による自律的な自己位置特定が困難なシーンに備えて、路側から自己位置特定を支援するインフラシステムの活用が考えられる。

令和2年の改正道路法では、自動運転車の運行を補助する施設（自動運行補助施設）が道路附属物として位置付けされ、また民間事業者による占有物件としての許可基準等（占有料の設定、整備に対する無利子貸付け）も整理された。

令和2年度改正道路法の内容説明会では、磁気マーカ、電磁誘導線、位置情報表示施設による自己位置特定による運行補助が自動運行補助施設のイメージとして示された。

自動運行補助施設の性能基準やその他必要な事項等は、国土交通省令の道路法施行規則に定められているため、安全評価として本施行規則に準拠しており、道路管理者である国または地方公共団体に、道路附属物または道路占有物件として認められる性能を満

たす事が求められる。

以降、磁気マーカ、電磁誘導線、同じく自己位置特定の支援が期待される塗料と合わせて紹介する。

#### (1) 磁気マーカ

磁気マーカを用いた自動運行の補助とは、道路に永久磁石を埋設、または表面に設置し、施設の発する磁気を車両側で感知することで、自動運転車が自己位置を特定することを支援する仕組みである。

磁気マーカは、GNSS が不得意とする場所（高い建物があるエリア、地下、高架下、トンネル等）、LiDAR が不得意とする積雪や霧・逆光などの悪天候でも安定して、自動運転車の自己位置特定を支援することができる。

GMPS（磁気ポジショニング・システム）を提供する愛知製鋼株式会社が、ひたち BRT や気仙沼 BRT の自動運転の取組みにおいて、位置情報等も記録した RF-ID タグを付けた磁気マーカを一部路線に設置するなど、複数の自動運転の取組みにおいて磁気マーカは自己位置特定の支援に活用されている。

磁気マーカは道路法に基づく、自動運行補助施設の具体例として提示されており、道路管理者が管理する道路附属物、民間事業者が管理する道路占有物件として設置できる。道路附属物としても占有物件としても、性能基準やその他必要な事項等は、国土交通省令の道路法施行規則に準拠することが求められる。

磁気マーカは道路に埋設または表面設置を行うため、磁気マーカの位置がずれると、自動運転車の LiDAR が不検知や誤検知を起こすことも考えられる。磁気マーカの設置後も、様々な理由で道路工事が行われる可能性もある。その道路工事により、磁気マーカの位置がずれる、逸失するなどのケースもあるため、道路管理者は磁気マーカが設置された区間において道路工事を行う場合、その設置位置を維持することを工事事業者に注意し、磁気マーカ設置事業者と連携し、道路工事後の磁気マーカの使用に問題無いか確認するなどの対応が期待される。

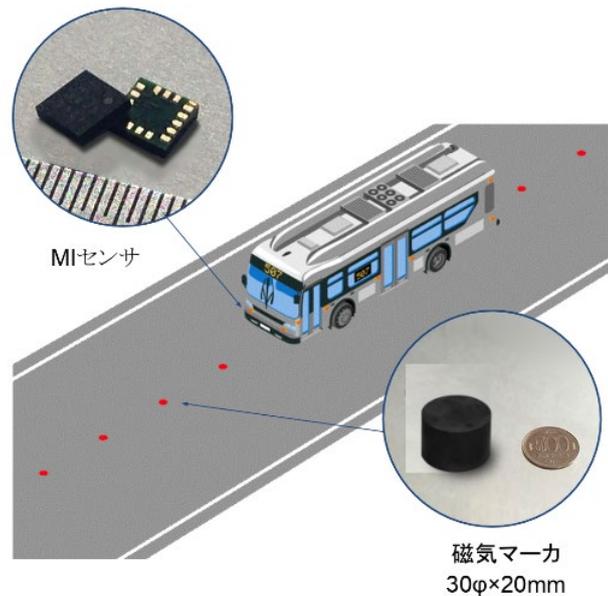


図 6.3-1 磁気マーカの活用イメージ

## (2) 電磁誘導線

電磁誘導線を用いた自動運行の補助とは、道路に電線を埋設し、必要な電流を通電することで施設の発する磁気を車両側で感知することで、自動運転車が自己位置を特定することを支援する仕組みである。

電磁誘導線は磁気マーカと同様に、GNSS が不得意とする場所（高い建物があるエリア、地下、高架下、トンネル等）、LiDAR が不得意とする積雪や霧・逆光などの悪天候でも安定して、自動運転車の自己位置特定を支援することができる。

電磁誘導式の自動走行を提供するヤマハ発動機株式会社は、地中に埋設した電磁誘導線からの磁力線を感知し、ルート走行を行い、マグネット（磁気マーカ）と併用することで自動停止、自動の増速や減速を制御している。電磁誘導線を利用した自動運転方式はゴルフ場にてゴルフカートを自動走行するために活用された技術であることから、ゴルフカート型車両を用いた低速の無人自動移動サービスとしての利用が期待されている。

電磁誘導線も磁気マーカと同じく、道路法に基づく、自動運行補助施設の具体例として提示されており、道路管理者が管理する道路附属物、民間事業者が管理する道路占有物件として設置できる。道路附属物としても占有物件としても、性能基準やその他必要な事項等は、国土交通省令の道路法施行規則に準拠することが求められる。

道路に埋設されている電磁誘導線は、磁気マーカと同じく、電磁誘導線の設置後の道路工事による、電磁誘導線の位置がずれることに注意する必要がある。道路管理者は電磁誘導線が設置された区間において道路工事を行う場合、その設置位置を維持することを工事事業者に注意し、電磁誘導線の設置事業者と連携し、道路工事後の電磁誘導線の使用に問題無いか確認するなどの対応が期待される。

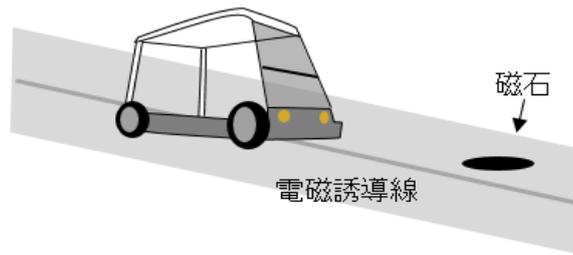


図 6.3-2 電磁誘導線の活用イメージ

### (3) 塗料

塗料を用いた自動運行の補助とは、自己位置特定で用いられる LiDAR が認識できる特殊塗料を走行経路に塗装することで、自動運転車が自己位置を特定することを支援する仕組みである。磁気マーカや電磁誘導線と異なり施設を埋設する必要がないため、導入コストやメンテナンスコストの削減が見込める。塗料は目視ではアスファルトと同化しやすい色のため、道路標示等との誤認は起こりにくいと考えられている。

2022 年度、滋賀県大津市で行われた自動運転バスの実証実験において、日本ペイント・インダストリアルコーティングス株式会社が開発した「ターゲットラインペイント」を用いて検証が行われた。

実用化に向けて技術検証はこれから詳細検討を行う段階だが、法制度における位置づけの整理として、区画線及び道路標示と異なる位置づけであることを「道路法」「道路標識、区画線及び道路標示に関する命令」に基づく、国土交通省との協議が考えられる。令和 2 年度の道路法改正時点では、自己位置特定に用いる自動運行補助施設として塗料の活用は想定されておらず、自動運行補助施設に当たるかなど、国土交通省との協議が考えられる。

誤認など他の交通参加者への影響がないことを確認するためには、道路交通法に基づき、警察庁や都道府県公安委員会との協議が考えられる。

区画線、道路標示等に用いる塗料の種類は JIS K 5665 で定義されている。本塗料の目的は区画線、道路標示等ではないため、塗料の品質、試験方法の準拠は求められないが、道路で使用する塗料の安全評価として参照することが期待される。

自動運転車の自己位置特定の支援として運用する段階では、道路に塗装した塗料の維持管理として、剥離による塗り替えの水準を定めることが考えられる。現在、路面標示の塗り替えの判断基準は、一般社団法人全国道路標識・標示業協会が発行した、目視評価ランクを定めた「目視評価による塗り替え基準」があるが、今回は目視ではなく、LiDAR による認識になるため、自動運転車の自己位置特定に用いられる LiDAR が不検知や誤検知を起こさないよう、シミュレーションや実証実験等を用いた塗り替えの判断基準の検討と検証も期待される。

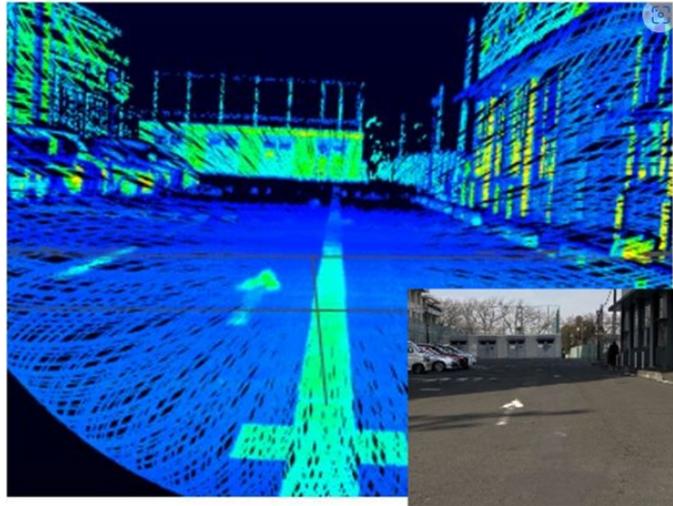


図 6.3-3 塗料の活用イメージ

出典：日本ペイントホールディングス HP

### 6.3.2. 走行空間の確保に係るインフラ整備

自動運転は、自動運転車が走行可能な環境と状況を定めた運行領域設計（ODD、Operational Design Domain）を満たす走行空間の確保が必要である。自動運転車の安全確保に向けて、走行空間では他の交通参加者との衝突リスクを低減するなど、合理的に予見可能かつ防止可能な交通事故を発生させないことが大切である。

この走行空間の確保に係るインフラ整備として、ハードウェアの整備、インフラ協調、情報提供の取り組みが想定される。

自動運転車が走行する限定空間や優先空間の整備、混在空間での歩車分離の明確化などの道路を中心としたハードウェアの整備が考えられる。

自動運転車は基本的に自律で対応するが、自律での対応が困難なシーンにおいて、自動運転車を支援するため、信号情報連携、歩行者等交通参加者の検知支援、右左折支援などのインフラ協調が考えられる。

走行空間において、路面標示や電光掲示案内などを用いて、周囲に自動運転車の走行経路や運行情報等を他の交通参加者に認知させることも、自動運転車の安全確保につながる。

#### (1) ハードウェア整備

ハードウェアの整備として、自動運転車が走行する限定空間や優先空間の整備、混在空間での歩車分離の明確化が考えられる。

限定空間や優先空間の整備として、自動運転車を含むバスなどの公共交通の優先道や専用道の整備、優先道や専用道を整備するための道路の拡幅や車線数の増加が考えられる。

歩車分離の明確化として、路側帯を表示するものとして車道外側線を表示すること、縁石を用いた歩道の整備、防護柵や植樹帯の整備が考えられる。防護柵や植樹帯を用い

た分離は、自動運転車にとっては途切れない整備を期待するが、車両乗り入れ部や横断歩道接続部等において途切れることもあり、完全な歩車分離が難しい場合もある。

現在、自動運転車の走行を想定したハードウェアの整備、主に道路の整備基準や安全評価は定められていないため、道路法等の法制度や既存の標準規格への準拠と合わせて、自動運転車の ODD を踏まえた限定空間や優先道路の整備、歩車分離の明確化を考えることが大切である。

## (2) インフラ協調

基本的に自律で走行する自動運転車が、自律での対応が困難なシーンにおいて自動運転車を支援するため、信号情報連携、右左折支援、歩行者等交通参加者の検知支援などのインフラ協調システムの活用が考えられる。

信号情報連携に関して、警察庁「令和4年度協調型自動運転システムへの情報提供等の在り方に関する検討会」等で検討されており、今後の法制度の整備を踏まえた対応が求められる。制度整備が整うまでは、民間事業者による技術開発の支援を目的とした、平成30年に策定された「信号制御機に接続する無線装置の開発のための実験に関する申請要領」に基づき、信号情報を車両に対して提供する無線装置を信号制御機に接続する申請を行うものである。なお、平成30年から開始されたSIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」では、ITS無線路側機による信号情報提供の高度化が検討されており、ITS無線路側機が整備された地域における信号情報提供の実装も考えられる。

歩行者等交通参加者の検知支援は、自動運転車の死角情報を提供するインフラ協調システムである。対向車線の前方車両の後方で隠れた車両、交差点に向かう歩行者や自転車、横断歩道上の歩行者や自転車、横断歩道脇の歩行者や自転車など、自動運転車の車載センサーでは認知ができない領域にいる交通参加者の情報を提供することを想定している。

右左折支援は、前述した信号情報提供による信号灯色・サイクル情報と、自動運転車の死角情報を活用したインフラ協調システムである。右左折支援システムを活用するにあたり、自動運転車のセンサーで認識できない領域を把握し、右左折支援システムにて提供を求める情報を明確化する必要がある。例えば、逆光でカメラ認識が難しい信号灯色情報、死角に存在する他の交通参加者、動きの速い他の交通参加者などが想定される。求めるインフラ情報に対して、自動運転車に提供可能な情報として、信号灯色・サイクル情報などの信号情報、死角情報としてフリースペース（死角情報を確認したい車線の一定区間）の交通参加者の情報など、具体的な仕様に落とし込むことが求められる。

このようなインフラ協調システムを活用するうえでは、信頼度や精度に応じた責任分担を整理することも大切である。

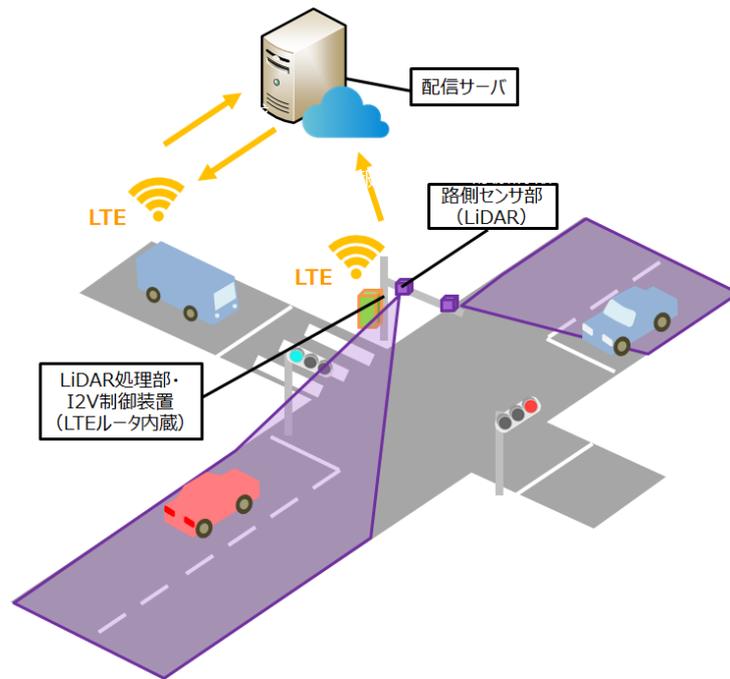


図 6.3-4 インフラ協調の活用イメージ

### (3) 情報提供

走行空間において、路面標示や電光掲示案内などを用いて、周囲に自動運転車の作動状況を他の交通参加者に認知させる情報提供の仕組みは、自動運転車の安全確保につながる。

ヒューマン・マシン・インターフェース（HMI）は、自動運転システムの作動状況を運転者（又は運行管理者）又は乗員に知らせるため、自動運転車に備える機能である。HMIは、自動運転レベル3において、システムによる運転の継続が困難となり、システムからの介入のための警告に応じ、運転者がシステムから運転操作を引き継ぐ際、例えば運転者が居眠りをしていないか等、運転者がシステムから運転操作を引き継ぐことができる状態にあることを監視し、必要に応じ警報を発することができるドライバーモニタリング等の機能を想定している。

インフラ協調における情報提供とは、一定の区域や経路を走行することが想定される無人自動運転サービスにおいて、その区間が自動運転車の走行経路であること、現在の自動運転車の運行状況などを周囲の交通参加者、近隣住民など地域へ情報提供することで走行空間の安全確保を支援する仕組みである。

現時点で、法制度や標準規格等で情報提供の仕組みの安全評価は整理されていないが、道路法や道路交通法に基づき、国土交通省や警察庁など、監督官庁との協議を踏まえて対応することが期待される。

### 6.3.3. 交通規則

交通規制には通行規制、速度規制、車高規制、重量制限等があり、他の車両と同じく、自動運転車もそれらに従うことが求められる。

自動運転車の導入段階では既存道路の走行では既存の交通規制に従い、自動運転車の走行に合わせて道路が新設される場合は道路管理者や交通管理者と協議し、定められた交通規制に従う。

また自動運転車の運行段階では、道路の損傷、交通事故や災害の発生、悪天候による通行危険性が生じた際、道路の一定区間において通行規制が実施されることも留意し、自動運転車の運行管理や運転を行う。

これらの交通規制は、道路交通法上の交通管理者による交通規制と、道路法上の道路管理者による交通規制があるため、それぞれの交通規制について理解し、自動運転車の導入や運行管理を計画・実行することが期待される。

### (1) 道路交通法上の交通管理者による交通規制

道路交通法の第4条の規定により、都道府県公安委員会は、道路における危険を防止し、その他交通の安全と円滑を図り、又は交通公害その他の道路の交通に起因する障害を防止するため必要があると認めるとき、政令で定めるところにより、信号機又は道路標識等を設置し、及び管理して、交通整理、歩行者又は車両等の通行の禁止その他の道路における交通の規制をすることができる。

さらに、道路交通法の第6条の規定により、警察官または交通巡視員は、車両等の通行が著しく停滞したことにより道路における交通が著しく混雑するおそれがある場合、道路の損壊、火災の発生その他の事情により道路において交通の危険が生ずるおそれがある場合において、車両等の通行禁止や制限、後退などを命ずることができる。

### (2) 道路法上の道路管理者による交通規制

道路法の第三章第一節に定められた道路管理者は、国が管理する国道、都道府県が管理する都道府県道、市町村道を管理する市町村である。道路管理者は道路法第46条（通行の禁止又は制限）に基づき、道路の破損、欠壊その他の事由に因り交通が危険であると認められる場合、道路に関する工事のためやむを得ないと認められる場合において、道路の構造を保全し、又は交通の危険を防止するため、区間を定めて、道路の通行を禁止し、又は制限することができる。

このように、都道府県公安委員会や警察官等と、道路管理者は交通規制に関する権限を有しているため、道路法第95条第2項にて、道路管理者が都道府県公安委員会と協議し、調整することが規定されている。

### (3) 最高速度に関して

道路交通法の第22条では道路の最高速度の規定があり、車両は、道路標識等によりその最高速度が指定されている道路においてはその最高速度を、その他の道路においては政令で定める最高速度をこえる速度で進行してはならないと示されている。

最高速度は警察庁が交通規制基準にて定めている。原則として時速60kmの最高速度の指定は行わないことから、道路標示や道路標識に最高速度が記載されていない場合、時速60kmが最高速度として考えられる。

ただし、対象の道路区間について、市街地や非市街地、車線数、中央分離帯の有無、歩行者交通量により基準速度(最高速度)が定められており、一概に最高速度が時速60kmではない場合もあるため、自動運転車の走行経路において、道路交通法が定める最高速度(法定速度)を確認することが求められる。

なお、一般道路のうち、主として地域住民の日常生活に利用される道路、いわゆる生活道路においては、最高速度を原則時速30kmとしているため、道路標示や道路標識が見当たらない場合も(原則設置されているが、周囲に標示や標識が見当たらない場合も考えられる)、自動運転車の走行速度の設定には注意が必要である。

#### 6.3.4. 自動走行を行うために配慮すべき道路環境整備

自動運転は、自動運転車が走行可能な環境と状況を定めた運行領域設計（ODD、Operational Design Domain）を満たす走行空間の確保が必要である。自動運転車の安全確保に向けて、走行空間では他の交通参加者との衝突リスクを低減するなど、合理的に予見可能かつ防止可能な交通事故を発生させないことが大切である。

自動走行を行うために配慮すべき道路環境整備には、軽微な修繕（舗装の劣化対応等）、車道脇の植栽の管理、堆雪や風水害時の路面管理が考えられる。現在、道路管理者による道路管理水準に基づき、走行環境が整備されているが、自動運転の実装により、道路管理水準の見直しが発生する可能性も考えられる。

##### (1) 舗装

道路管理者は計画と予算に基づき、区画線など道路の舗装の劣化対応を行っている。路面標示の塗り替えの判断基準は、一般社団法人全国道路標識・標示業協会が発行した「目視評価による塗り替え基準」が参考になる。剥離率の目安表を目視評価ランクと剥離率（％）で整理しており、剥離率が10~60%の目視評価ランク3を塗り替え推奨の基準としている。

現在、自動運転車は自己位置特定や障害物検知において、区画線を用いていない事例も多いが、車線逸脱警報装置などレベル2の先進安全機能を自動運転車に搭載することは想定できる。

今後、先進安全機能（レベル2）と自動運転機能（レベル3、4）のシステム連携（安全機構）も考えられることから、区画線の舗装管理は手動運転車両の走行より重要になる可能性がある。

例えば先進安全自動車推進検討会で検討されている、路肩退避型等発展型ドライバー異常時対応システムが自動運転車に装備された場合、区画線を車両のセンサーが認識することで車線変更や路肩進入を試み、安全な退避行動へ移行する。このような機能は、自動運転車がODDを外れた際、セーフティドライバーの介入（Fallback）、安全な制御（MRM、Minimal Risk Maneuver）と停止（MRC、Minimal Risk Condition）として設計に組み込まれることも想定される。

そのため、自動運転車がセンシング可能なコントラストを保つため、現状の塗り替え基準と異なる水準の設定が必要になる可能性も考えられる。

##### (2) 植栽

道路の街路樹（並木）などの植樹は、国土交通省の道路緑化技術基準に基づき、道路管理者にて管理水準が定められている。道路緑化は、①景観統合と調和など地域全体の景観向上機能、②沿道住民の生活環境・道路周辺の自然環境・地球環境の保全に寄与する環境保全機能、③遮光や視線誘導など安全で円滑な道路交通の確保に寄与する交通安

全機能、④道路利用者の休憩等の快適な空間を提供する緑陰形成機能、⑤飛砂や風雨、火災延焼などを防止する防災機能を総合的に発揮している。

自動運転車の自己位置特定に高精度3次元地図とセンシング情報をマッチングさせたSLAMを用いる際、地図を作成した季節と異なる季節に車両が走行すると、例えば夏に測定した場合、落葉する冬場の広葉樹では、自己位置特定を誤認する、または特定できない状況も起こり得る。

自動運転車だけでなく、周辺情報を提供するインフラ協調システムを阻害する可能性も考えられる。自動運転車が走行する車道では広葉樹を避ける、死角となる高木や中木ではなく、低木や地被植物（ササ類等の地表面を被覆する樹高の低い植物）に変更するなど、道路緑化の在り方も見直す必要も考えられる。

平成27年に道路緑化技術基準は改正され、植栽構成（高木、低木の構成内容等）を一律に規定する考え方から、地域の特性を考慮した適切な植栽構成に転換し、「植栽の健全な育成」とともに、「道路交通の安全の確保」により重点を置くことになった。自動運転車が走行する地域は、道路交通の安全確保の点もふまえて、地域の特性を考慮した適切な植栽構成を考える必要がある。

### (3) 堆雪や風水害時の路面管理

国土交通省は雪防災として、大雪が降り雪崩や路面が凍結しスリップ立ち往生になるような災害を防ぐために、道路管理者へ凍結防止剤の散布や防雪対策による冬期の安定した道路交通の確保を推進している。

除雪した際、車道と歩道の間に一時的に堆雪することもあるが、自動運転車の走行車道では、この堆雪により、SLAMで用いる高精度3次元地図とのセンシング情報のマッチングができず、自己位置を誤認する、特定できない状況も考えられる。また、自動運転車に搭載したミリ波レーダー等を用いた障害物検知機能にて、堆雪を障害物と検知し、走行に影響がでる可能性もある。

自動運転車だけでなく、周辺情報を提供するインフラ協調システムを阻害する可能性も考えられる。自動運転車の走行車道では、除雪した雪の取り扱いについて、自動運転車の走行に影響がでないよう対応する必要がある。

風水害災害では、手動運転車の場合、運転者が冠水など路面状況を把握し、道路管理者や交通管理者に先んじて、迂回対応などを行うことができる。一方、自動運転車は、障害物検知として冠水を正確に認識できない可能性も考えられるため、冠水を含む風水害災害が発生した際、ODDから外れることを想定した自動運転車の安全確保（安全な退避行動への移行）、インフラ協調システムとの連携が求められる可能性もある。

## 第7章 事業モデルの検討

### 7.1. 事業モデルの多様化に向けた検討

多様なエリアでの無人自動運転移動サービスの展開に向け、想定される事業モデルと役割分担について検討した。具体的には、2021年度に実施したアンケート、ヒアリング調査の対象地域から数地域をモデル地域として選定し、地域ごとに自動運転車の運行・維持管理・保守点検の義務や役割、担い手を整理することで、無人自動運転移動サービス関係者の役割分担のあり方を検討した。

#### 7.1.1. 事業モデル検討におけるモデル地域の選定

##### (1) 検討フロー

事業モデルの多様化検討に向けた検討にあたり、2021年度に、アンケート・ヒアリング調査（2019年度・2021年度実施）結果から抽出した導入意欲の高いバス事業者・自治体について、サービス内容・課題・ニーズ等を個票形式で整理した。また、今年度、『令和4年度「無人自動運転等の先進MaaS実装加速化推進事業（無人自動運転等の先進MaaS実装加速化のための総合的な調査検討・調整プロジェクト）」』（以降、総合調整）では、2025年度に社会実装が期待される地域や車両等を把握するため、事業者・自治体ヒアリングを実施しており、その結果も活用し、事業モデル検討のモデル地域を抽出した。なお、今年度の検討においては、テーマ2における高度化検討の対象であるひたちBRTと同じく、「専用空間×バス（大型・中型・小型）タイプ」の有力事業を対象に、事業モデル検討におけるモデル地域を選定した。



図 7.1.1-1 検討フロー

(2) 導入意欲の高い事業者・自治体のアンケート・ヒアリング結果の整理

2021年度にアンケート・ヒアリング調査（2019年度・2021年度実施）結果から抽出した導入意欲の高いバス事業者（32事業者）・自治体（14自治体）について、サービス内容・課題・ニーズ等を個票形式で整理した。整理した対象事業者・自治体の一覧を以下に示す。

### (3) 総合調整によるヒアリング調査

今年度、総合調整業務において、TF に参画する OEM（6 者）・交通事業者（7 者）・サービス事業者（8 者）に個社別でヒアリングを実施した。2025 年度に社会実装が期待される地域や車両種類等の把握及び、2025 年度を目途としたサービス実装を支援していくために、テーマ 1、2、4 以外のモデルも含めて L4 プロジェクトの TF で検討すべき範囲を整理し、サービス内容を具体化した上で集約・モデル化することを目的に実施されたもので、この結果を踏まえ、走行環境と車両の組合せ別に有力事例を整理された。

### (4) 事業モデル検討におけるモデル地域の選定

2021 年度までに実施したアンケート・ヒアリング結果及び、今年度、総合調整で実施されたヒアリング結果を踏まえ、ひたち BRT と同じく、限定空間におけるバス（大型・中型・小型）タイプのモデル地域として、気仙沼 BRT（JR 東日本）、東広島市（JR 西日本）、福岡空港（西日本鉄道）を選定した。

## 7.1.2. モデル地域における事業モデルの整理

### (1) モデル地域の事業概要

前項で抽出した「気仙沼 BRT」、「東広島市」、「福岡空港」、「ひたち BRT」の事業概要について、総合調整業務とも連携し、情報を整理した。

(2) モデル地域における事業モデルの整理

1) モデル地域ごとの項目別主体の整理

WEB サイト等の公開情報から、各モデル地域における項目別主体について、以下に整理した。

表 7.1.2-1 モデル地域毎の項目別主体の整理

		ひたちBRT	気仙沼BRT	東広島市BRT	福岡空港シャトルバス
旅客輸送	方式	公設民営（運行中）	民設民営（運行中）	公設民営（計画段階）	民設民営（運行中）
	交通規制	警察 一般道の交差点に信号あり 速度規制の標示無し	警察 一般道、一般道との交差点に 信号あり。速度規制は不明。	警察	－（全部、私道）
	道路管理	日立市 交差点や一部を除き専用道	JR東日本（専用道部分） 旧鉄道路線ルートが専用道 交差点や一部を除き専用道	広島県 一部交差点を除き、県道 バス専用レーン設置を検討	福岡国際空港 一部一般道を除き、専用道 （福岡空港国内線・国際線 旅客ターミナルビル間）
	インフラ設備（バス 停等）	日立市	JR東日本	想定：JR西日本グループ会社 （芸陽バス）？	－（特に無し）
	運営	茨城交通	JR東日本	想定：JR西日本グループ会社	福岡国際空港
	運行	茨城交通	JR東日本	想定：JR西日本グループ会社	西日本鉄道
	手動運転車両	茨城交通 ほぼ全額補助	JR東日本	想定：JR西日本グループ会社	西日本鉄道
自動運転	自動運転車両	官民の協議次第	JR東日本	想定：JR西日本グループ会社	想定：西日本鉄道
	運行管理システム	－	JR東日本 ・交互通行システム	－	－
	遠隔監視システム	官民の協議次第	JR東日本	未検討	未検討
	路側支援システム （路側センサ等）	官民の協議次第 ・磁気マーカー	JR東日本 ・磁気マーカー ・風速計	未検討	未検討
	信号協調システム	想定：日立市（道路管理 者）	JR東日本 ・専用道のトンネル信号 ※警察の信号ではない	未検討	未検討

（参考サイト）

気仙沼 BRT

- [気仙沼線 BRT・大船渡線 BRT（バス高速輸送システム）：JR 東日本 \(jreast.co.jp\)](http://jreast.co.jp)
- [BRT 専用大型自動運転バスの実用化開始について \(jreast.co.jp\)](http://jreast.co.jp)

東広島市 BRT

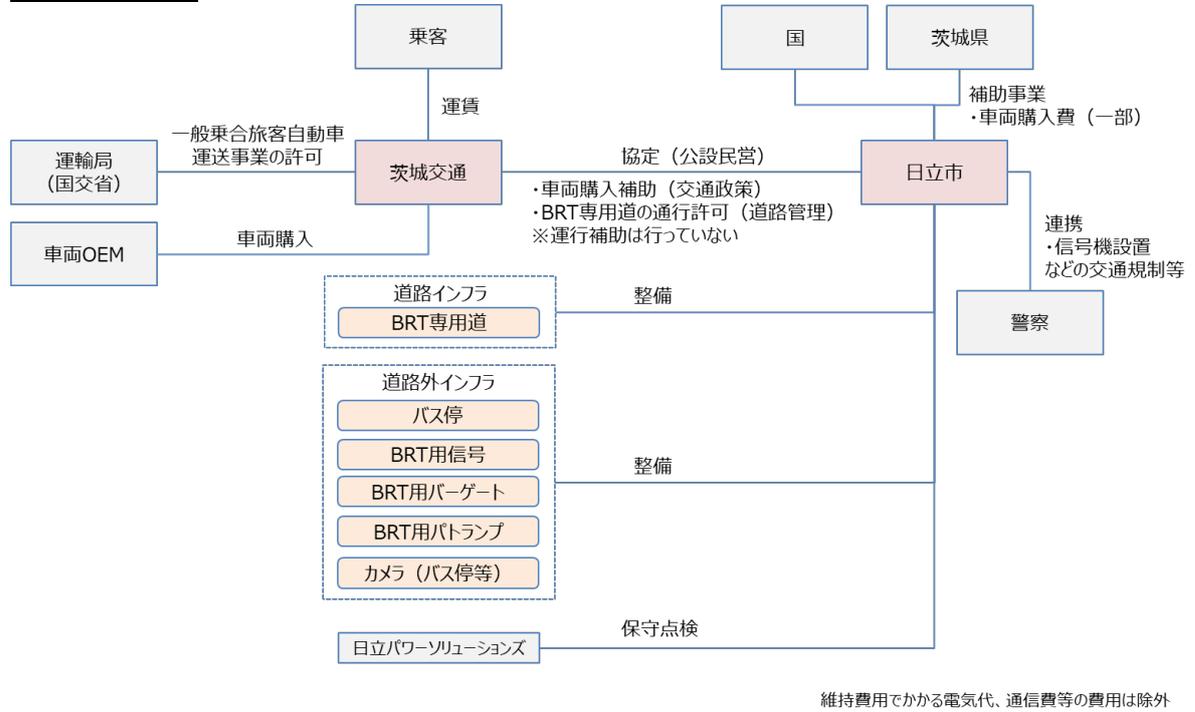
- [国立大学法人広島大学、東広島市と西日本旅客鉄道株式会社との連携協定の締結  
について／東広島市ホームページ \(higashihiroshima.lg.jp\)](http://higashihiroshima.lg.jp)

福岡空港シャトルバス

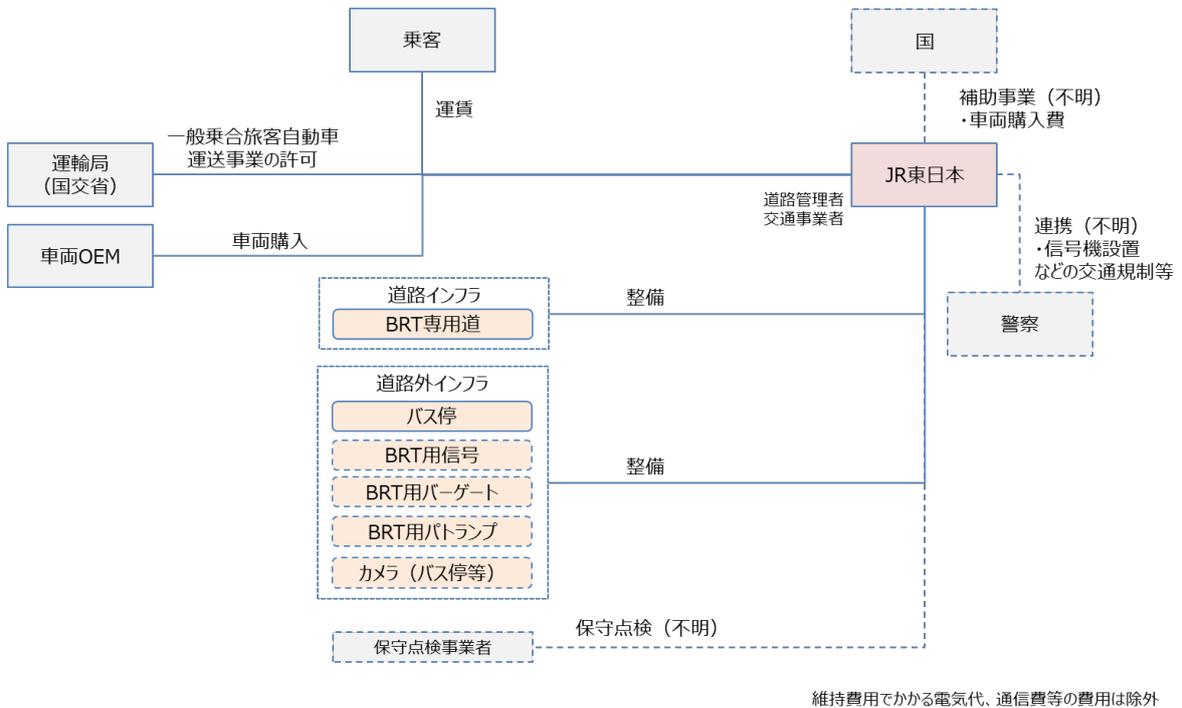
- [大型自動運転バスの共同実証実験について \(nishitetsu.co.jp\)](http://nishitetsu.co.jp)

上記の整理を踏まえ、4つのモデル地域における現行の役割分担について、模式図に整理した。

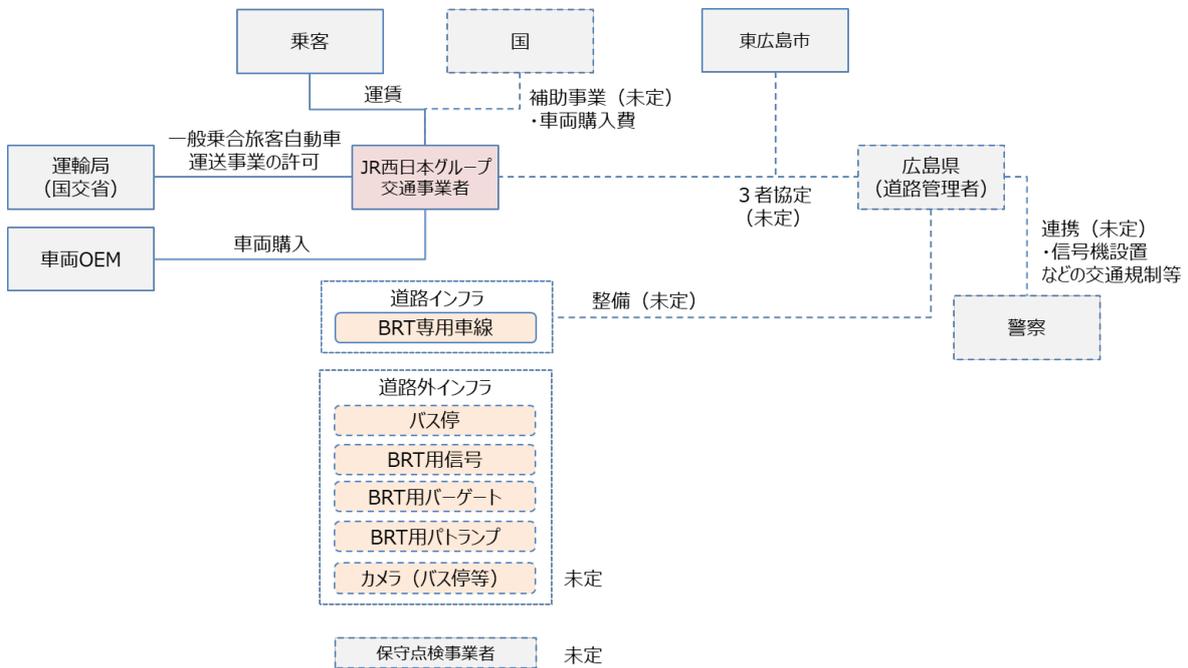
### ■ひたち BRT



### ■気仙沼 BRT

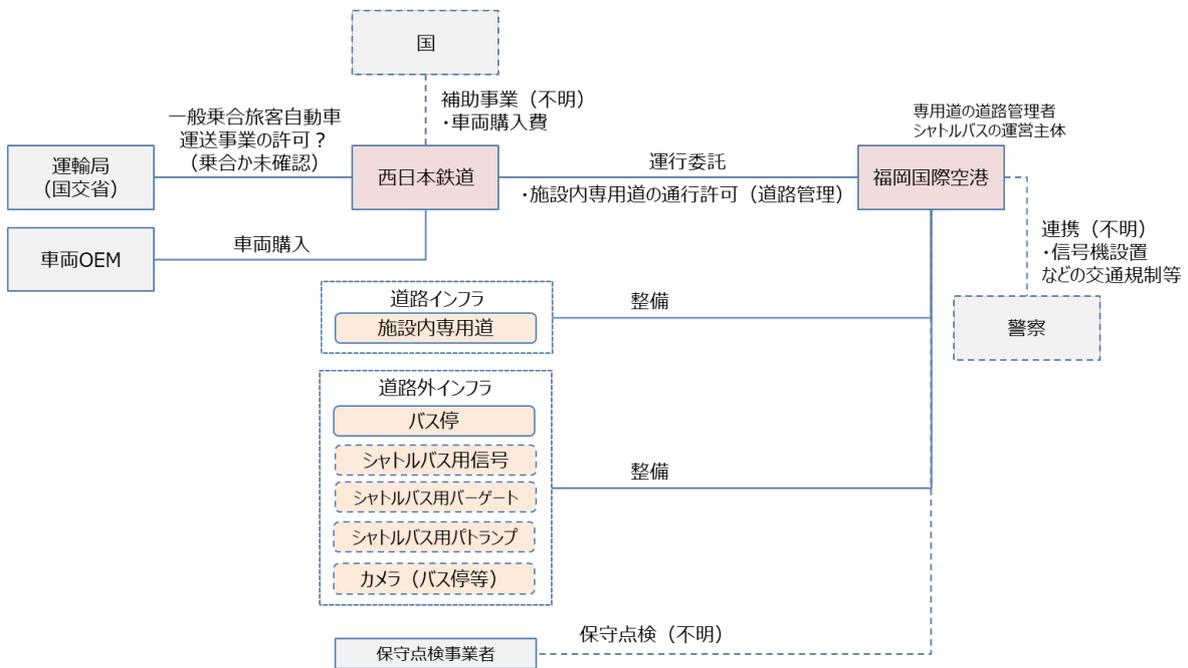


## ■東広島市 BRT



維持費用でかかる電気代、通信費等の費用は除外

## ■福岡空港シャトルバス



維持費用でかかる電気代、通信費等の費用は除外



2) 将来のビジネスモデルのパターン検討

レベル4 無人自動運転サービス（特定自動運行）における許認可関連、自動運転車両関連、遠隔監視システム、路側インフラ（磁気マーカー、路側センサー、信号協調システム）について、自動運転導入時に想定される役割分担のパターンを検討した。

(A) レベル4 無人自動運転サービス（特定自動運行）における許認可関連

現行の運行体制に基づいた仮説で、同一路線において手動運転バスと自動運転バスで路線事業を分けることは考えにくいという想定の下で検討した。

パターンとして、「サービス運営主体（計画策定）」と「旅客運送の運行主体」が同じである A 想定と、異なる B 想定のパターンが想定される。現行の座組みでサービス運営主体と旅客輸送の運行主体が同じひたち BRT、気仙沼 BRT、東広島市 BRT は A 想定、サービス運営主体と旅客輸送の運行主体が異なる福岡空港シャトルバスは B 想定のパターンが想定される。

		サービス運営主体（計画策定）	旅客輸送の運行主体
ひたちBRT	A想定	茨城交通	茨城交通
気仙沼BRT	A想定	JR東日本	JR東日本
東広島市BRT	A想定	JR西日本グループの交通事業者（想定）	JR西日本グループの交通事業者（想定）
福岡空港シャトルバス	B想定	福岡国際空港	西日本鉄道

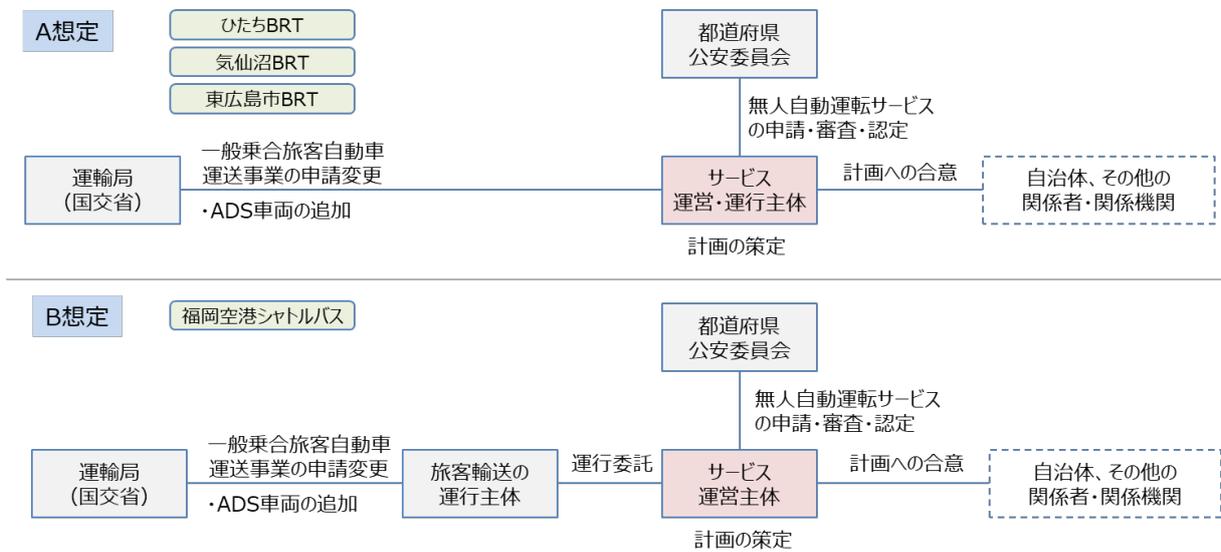


図 7.1.2-1 許認可関連の想定パターン

(B) 自動運転車両関連（導入時）

自動運転導入時の車両の調達においては、下記の A～D の 4 パターンが想定される。

A 想定は、交通事業者が ADS 車両を購入するパターンで、4 つのモデル地域全てで想定されるパターンである。B 想定は、A 想定 of 交通事業者担う役割を運営主体である自治体・企業が担うパターンであり、車検証の所有者は運営主体、利用者は交通事業者となる。福岡空港シャトルバスで想定されるパターンである。C 想定は、交通事業者がベース車両購入及び、システム組込・車両改造を行うパターンで、4 つのモデル地域全てで想定されるパターンである。D 想定は、C 想定 of 交通事業者が担う役割を運営主体である自治体・企業が担うパターンであり、車検証の所有者は運営主体、利用者は交通事業者となる。福岡空港シャトルバスで想定されるパターンである。

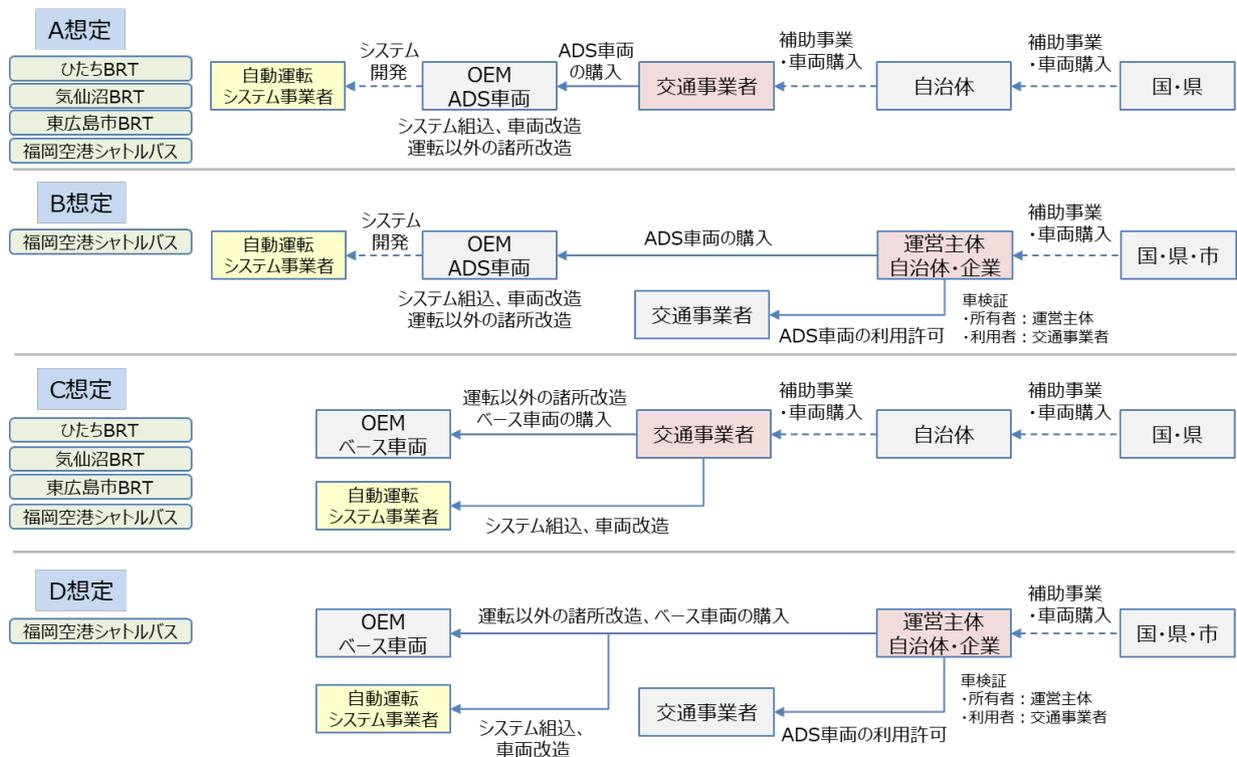


図 7.1.2-2 自動運転車両関連（導入時）の想定パターン

(C) 遠隔監視システム（導入時）

自動運転導入時の車両の調達においては、下記の A～B の 2 パターンが想定される。

A 想定は、サービス運営主体である自治体・企業が遠隔監視システム事業者とシステム契約・車両接続し、交通事業者にシステム利用許可を与えるパターンである。B 想定は、交通事業者が直接、遠隔監視システム事業者とシステム契約・車両接続するパターンである。いずれの想定パターンも、4 つのモデル地域全てで想定されるパターンである。

なお、遠隔監視システムの補助事業者は、現在は存在しないため、可能性として記載するものである。

	想定	サービス運営主体	旅客輸送の運行主体
ひたちBRT	AorB想定	茨城交通	茨城交通
気仙沼BRT	AorB想定	JR東日本	JR東日本
東広島市BRT	AorB想定	JR西日本グループの交通事業者（想定）	JR西日本グループの交通事業者（想定）
福岡空港シャトルバス	AorB想定	福岡国際空港	西日本鉄道

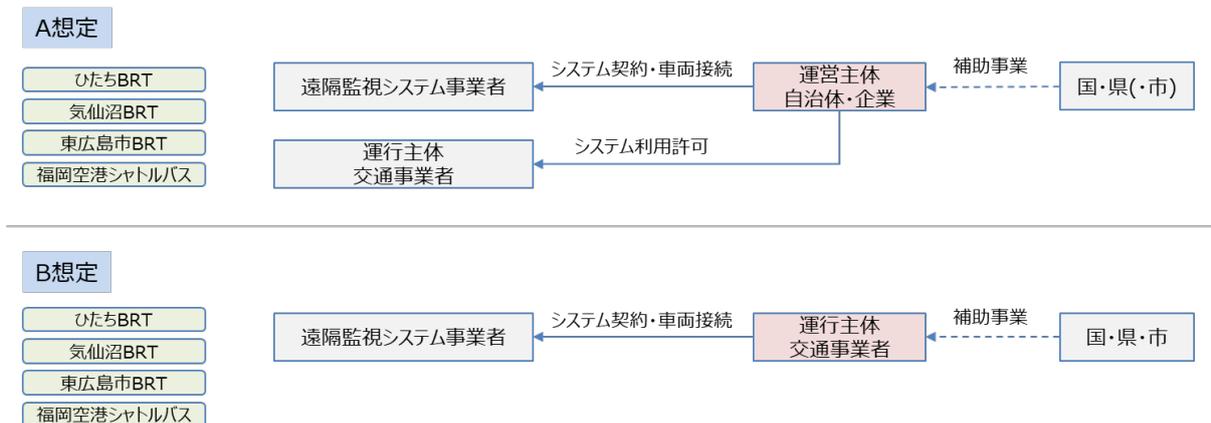


図 7.1.2-3 遠隔監視システム（導入時）の想定パターン

(D) 路側インフラ：磁気マーカー（導入時）

磁気マーカーの設置においては、下記のA～Cの3パターンが想定される。

A 想定は、道路管理者が道路付属物として設置するパターンである。4つのモデル地域全てで想定されるパターンである。B 想定は、想定Aと基本的には同じではあるが、道路管理者が運営主体と同じで、交通事業者にシステム利用許可を与えるパターンであり、福岡空港シャトルバスで想定されるパターンである。C 想定は、交通事業者が道路占用物件として設置するパターンであり、気仙沼BRT、東広島市BRT、福岡空港シャトルバスで想定されるパターンである。

なお、磁気マーカーの補助事業者は、現在は存在しないため、可能性として記載するものである。

	想定	道路管理者	サービス運営主体	運行主体（交通事業者）
ひたちBRT	A想定	日立市（市道）	茨城交通	茨城交通
気仙沼BRT	AorC想定	JR東日本	JR東日本	JR東日本
東広島市BRT	AorC想定	広島県（県道）	JR西日本グループの交通事業者（想定）	JR西日本グループ会社
福岡空港シャトルバス	AorBorC想定	福岡空港（施設内専用道）	福岡国際空港	西日本鉄道

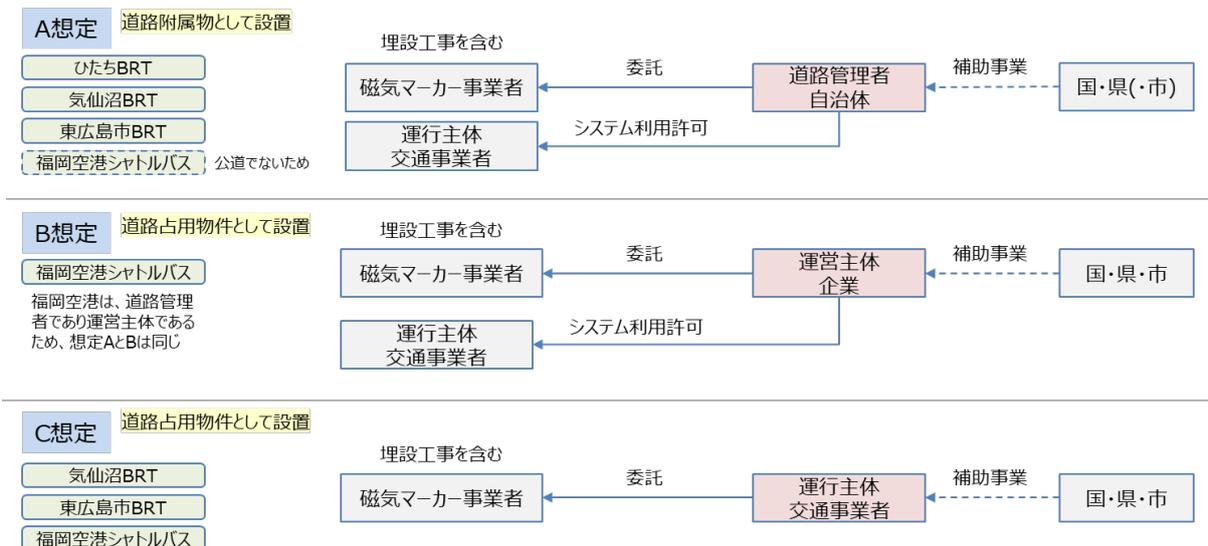


図 7.1.2-4 路側インフラ：磁気マーカー（導入時）の想定パターン

(E) 路側インフラ：路側センサー（導入時）

路側センサーの設置においては、下記の A～C の 3 パターンが想定される。

A 想定は、道路管理者が道路付属物として設置するパターンである。4 つのモデル地域全てで想定されるパターンである。B 想定は、想定 A と基本的には同じではあるが、道路管理者が運営主体と同じで、交通事業者にシステム利用許可を与えるパターンであり、福岡空港シャトルバスで想定されるパターンである。C 想定は、交通事業者が道路占有物件として設置するパターンであり、ひたち BRT、気仙沼 BRT、東広島市 BRT、福岡空港シャトルバスで想定されるパターンである。

なお、路側センサーの補助事業者は、現在は存在しないため、可能性として記載するものである。

	想定	道路管理者	サービス運営主体	運行主体（交通事業者）
ひたちBRT	AorC想定	日立市（市道）	茨城交通	茨城交通
気仙沼BRT	AorC想定	JR東日本	JR東日本	JR東日本
東広島市BRT	AorC想定	広島県（県道）	JR西日本グループの交通事業者（想定）	JR西日本グループ会社
福岡空港シャトルバス	AorBorC想定	福岡空港（施設内専用道）	福岡国際空港	西日本鉄道

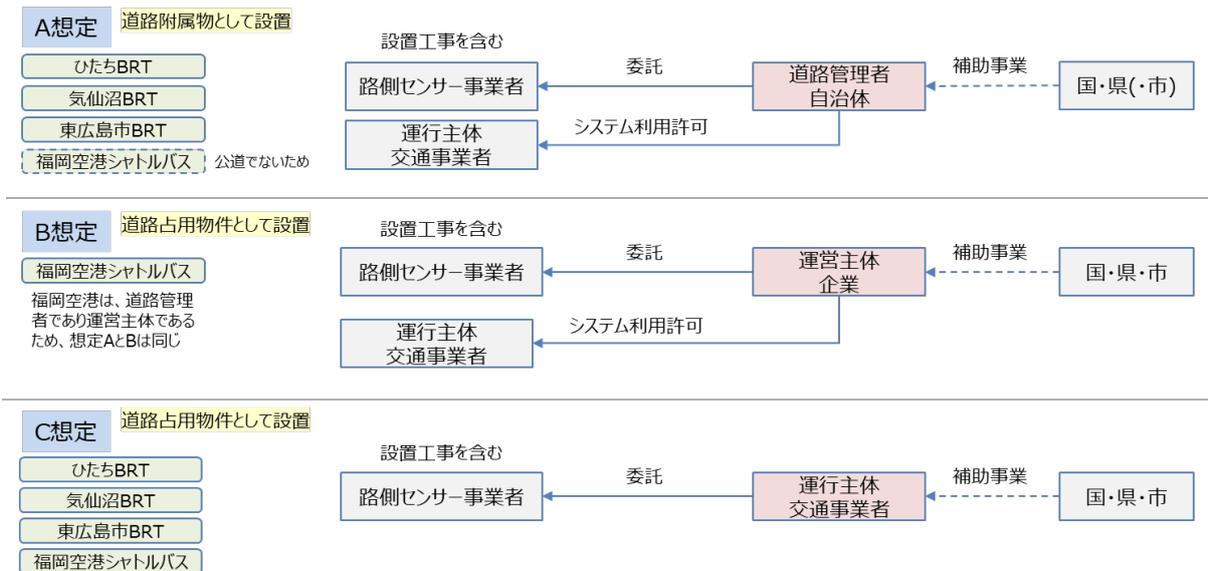


図 7.1.2-5 路側インフラ：路側センサー（導入時）の想定パターン

(F) 路側インフラ：信号協調システム（導入時）

信号協調システムにおいては、下記のA～Cの3パターンが想定される。

A 想定は、道路管理者が信号協調システム事業者に委託し、交通事業者にシステム利用許可を与えるパターンである。4つのモデル地域全てで想定されるパターンである。B 想定は、想定Aと基本的には同じではあるが、道路管理者が運営主体と同じで、交通事業者にシステム利用許可を与えるパターンであり、福岡空港シャトルバスで想定されるパターンである。C 想定は、交通事業者が信号協調システム事業者に委託するパターンで、4つのモデル地域全てで想定されるパターンである。

なお、信号協調は、現在、信号事業者しか警察に接続申請することはできないため、正確には、主体は信号事業者になり、他は補助等での関与のみだが、見せ方上（原資の拠出イメージの想起）、主体と想定する。また、現時点で信号協調システムに対する補助事業は存在しないため、可能性として記載するものである。

	想定	道路管理者	サービス運営主体	運行主体（交通事業者）
ひたちBRT	AorC想定	日立市（市道）	茨城交通	茨城交通
気仙沼BRT	AorC想定	JR東日本	JR東日本	JR東日本
東広島市BRT	AorC想定	広島県（県道）	JR西日本グループの交通事業者（想定）	JR西日本グループ会社
福岡空港シャトルバス	AorBorC想定	福岡空港（施設内専用道）	福岡国際空港	西日本鉄道

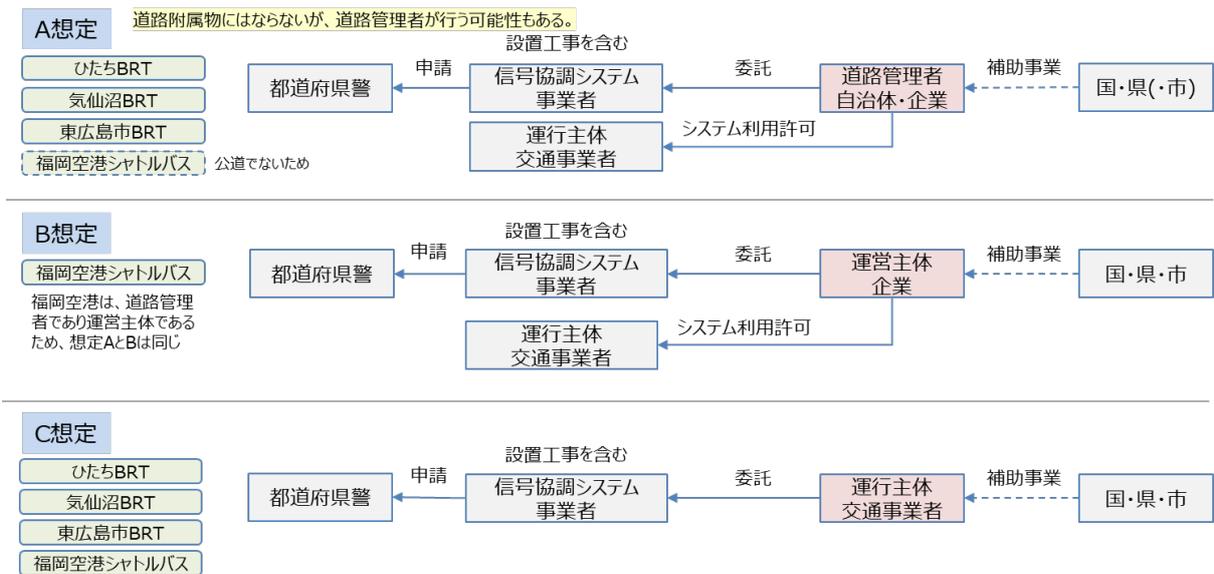


図 7.1.2-6 路側インフラ：信号協調システム（導入時）の想定パターン

