

2020年度

「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／東京臨海部実証実験に係るインフラ整備、事前検証及び維持・管理」

成果報告書

2021年3月

パシフィックコンサルタンツ株式会社
株式会社NIPPO

「本報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務として、パシフィックコンサルタンツ株式会社・株式会社NIPPPOが実施した「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／東京臨海部実証実験に係るインフラ整備、事前検証及び維持・管理」の成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の著作権は、NEDOに帰属しており、本報告書の全部又は一部の無断複製等の行為は、法律で認められたときを除き、著作権の侵害にあたるので、これらの利用行為を行うときは、NEDOの承認手続きが必要です。

目 次

まえがき	4
研究開発の成果と達成状況	5
和文要約	8
英文要約	9
1. 調査研究の概要	10
1.1 事業目的	10
1.2 事業概要	10
1.3 研究の方法	11
2. 全体統括	12
3. 次世代型公共交通システムに必要なインフラ整備	14
3.1 磁気マーカーの整備	18
3.2 専用レーンの舗装	27
3.2.1 カラー舗装	29
3.2.2 周知用案内看板	34
3.2.3 国際線西交差点右折レーン延伸	37
3.3 仮設バス停の設置	39
3.3.1 第3ターミナルバス停設置	42
3.3.2 第1ゾーンバス停設置	55
3.4 第1ゾーンの舗装	58
4. 事前検証	59
5. インフラの維持・管理	60
5.1 磁気マーカーの維持・管理	60
5.2 専用レーンの維持・管理	60
5.3 仮設バス停の維持・管理	60
6. 整備したインフラの撤去	61
7. ステークホルダーとの調整	70
8. インフラ整備における課題点	73
(1) インフラ設計段階	73
(2) インフラ整備調整段階	74
(3) インフラ施工段階	75
(4) インフラ維持管理段階	76
結び（総括及び結論）	77

まえがき

本業務は、「戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／東京臨海部実証実験に係るインフラ整備、事前検証及び維持・管理」において、東京臨海部実証実験においてインフラ協調型の高度な自動運転を早期に実用化することを目的に、必要となる実験環境（インフラ）の整備・事前検証及び維持・管理を行うものである。

研究開発の成果と達成状況

本業務での研究開発の成果として、挙げられるのは以下の通り。

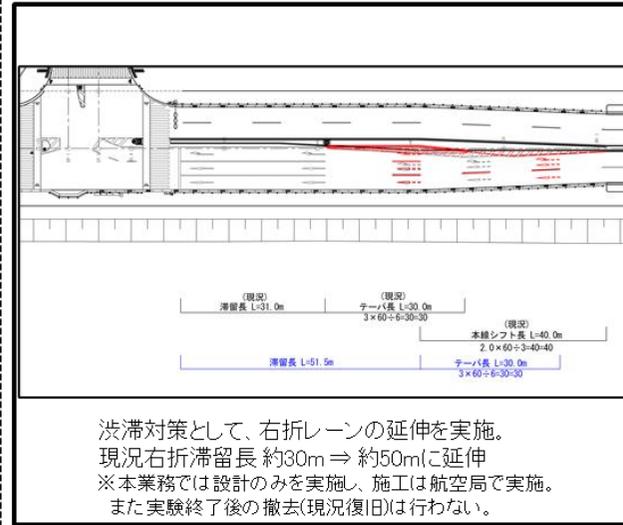
- ① 次世代型交通システムに必要なインフラ整備
- ② 事前検証
- ③ 整備したインフラの維持管理
- ④ 整備したインフラの撤去

上記の達成状況について、全て達成しており、別施策である「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／東京臨海部実証実験の実施」にてインフラを活用した実験を行った。

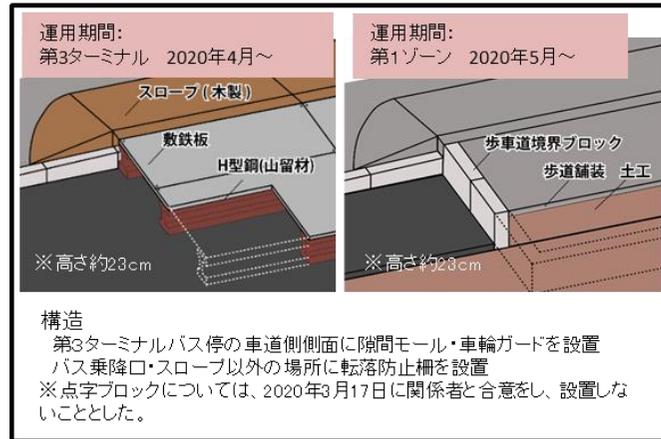
インフラの概要を以下に示す。



第3ターミナル入口交差点改良の概要



プラットフォーム 構造イメージ



磁気マーカー 概要



バス専用レーン 整備イメージ



周知用案内看板 内容イメージ



図 1 インフラ整備概要

インフラ整備後の現地状況の一部を以下の通り示す。

<p>磁気マーカー</p>	<p>専用レーン</p>
 <p>磁気マーカー</p>	 <p>仮設バス停</p>

和文要約

SIP 第2期において、CSTIは、取り組むべき課題として12分野を定めており、そのうちのひとつである自動運転（システムのサービスの拡張）においては、自動運転に係る激しい国際競争の中で世界に伍していくため、自動車メーカーの協調領域となる世界最先端のコア技術（信号・プローブ情報をはじめとする道路交通情報の収集・配信などに関する技術等）を確立し、一般道路で自動走行レベル3を実現するための基盤を構築し、社会実装することを内容としている。

また、未来投資会議（2018年3月）において、安倍総理より「2020年東京オリンピック・パラリンピックで自動運転を実現する。信号情報を車に発信し、より安全に自動運転できる実証の場を東京臨海部に整備するなど多様なビジネス展開を視野に一層取組を強化する」との発言があった。

これらの実現に向け、(一社)日本自動車工業会をはじめ関連の産業界、東京都、関係省庁等と連携して、東京臨海部における実証実験を実施する具体的な地域、必要な交通インフラの機能や配置場所等について、調査検討を進めてきた。

本実証実験は、交通インフラから提供される信号情報や合流支援情報等の交通環境情報利活用のしくみを構築し、インフラ協調型の高度な自動運転を早期に実用化することを目的とする。そのために必要となる実験環境（インフラ）の整備、事前検証及び維持・管理を行う。

本業務では、東京臨海部実証実験のうち、羽田地域の実証実験エリアにおいて、参加車両（大型バス）が実験を行うにあたって必要な磁気マーカー、専用レーンの塗装及び仮設のバス停、第1ゾーン内の舗装等を設計・整備し、実証実験の実施に問題がないか、事前検証を行う。なお、仮設のバス停等は、車椅子ユーザーの乗降等に耐えうる範囲で軽量・可搬化し、設置・撤去が容易となるよう検討した。

また、上記で整備したインフラは、別施策である「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／東京臨海部実証実験の実施」の羽田空港地域における実証実験終了まで維持・管理を行い、実証実験終了後は撤去・原状復旧を行った。

これらの業務遂行結果については、「東京臨海部実証実験タスクフォース」にて、関係省庁・関係団体に報告した。

英文要約

In the second phase of SIP, CSTI stipulated the issues to be addressed in 12 fields. Among them, “Automated Driving for Universal Services” specifies, aiming to be competitive in the fierce international competition of automated driving, the establishment of the world's most advanced core technologies (such as technologies for collecting and distributing road traffic information, including traffic signal and probe information), which requires cooperation among automobile manufacturers, and the establishment and social implementation of a foundation for the realization of the Level 3 automated driving on ordinary roads.

Also, at the Future Investment Conference (in March 2018), then Prime Minister Abe said, “We will realize automated driving at the 2020 Tokyo Olympics and Paralympics. We will further strengthen our efforts with an eye to developing various projects, such as establishing a demonstration area in the Tokyo waterfront area where traffic signal information is transmitted to vehicles to enable safer automated driving.”

Aiming to realize the above, we have been investigating and examining the specific area to conduct a demonstration experiment in the Tokyo waterfront area as well as the functions and locations of the necessary traffic infrastructures, in cooperation with the Japan Automobile Manufacturers Association and other related industries, Tokyo Metropolitan Government, relevant ministries and agencies, and others.

This demonstration experiment is intended to establish a mechanism for utilizing traffic environment information, such as traffic signal and merging support information provided by the traffic infrastructure, and put the infrastructure-coordinated advanced automated driving into practice at an early stage. We will develop, pre-verify, maintain, and manage the experimental environment (infrastructure) required for that purpose.

This project designs and develops the infrastructure necessary for vehicles (large buses) to participate in the experiment in the Haneda area as a part of the Tokyo waterfront area demonstration experiment, that is, places magnetic markers, colors the dedicated lanes, builds temporary bus stops, and paves Zone 1, in order to pre-verify whether there are any problems in the execution of the experiment. The temporary bus stops were made lightweight and portable to the extent that they can bear the weight of wheelchair users, so that they can be easily placed and removed.

The infrastructure developed for this experiment will be maintained until the end of the demonstration experiment in the Haneda Airport area as a part of the “Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP) Second Phase / Automated Driving for Universal Services / Implementation of Tokyo Waterfront Area Demonstration Experiment,” which is another project, and then withdrawn to restore the original state after the end of the experiment.

The results of these activities were reported to the relevant ministries, agencies, and organizations at the “Tokyo Waterfront Area Demonstration Experiment Task Force.”

1. 調査研究の概要

1.1 事業目的

SIP 第 2 期における自動運転（システムのサービスの拡張）の一環として、交通インフラから提供される信号情報や合流支援情報等の交通環境情報利活用のしくみを構築し、インフラ協調型の高度な自動運転を早期に実用化することを目的とする。

1.2 事業概要

「羽田空港地域（一般道路）におけるインフラ整備、事前検証及び維持・管理」

羽田地域の実証実験エリアにおいて、次世代型公共交通システム（バス・少人数輸送車等）に必要なインフラ（磁気マーカー、専用レーンの塗装、仮設バス停の設置、第一ゾーン内の舗装等）を設計・整備し、実証実験の実施に問題がないか、事前検証を行う。さらに、整備したインフラについて、実証実験終了まで維持・管理を行う。実証実験終了後は撤去・原状復旧を行う。

なお、本研究の開発詳細項目①～⑥を以下に示す。

- ① 全体統括
【担当 パシフィックコンサルタンツ株式会社】
- ② 次世代型公共交通システムに必要なインフラ整備
【担当 株式会社NIPPON】
- ③ 事前検証
【担当 株式会社NIPPON】
- ④ インフラの維持・管理
【担当 株式会社NIPPON】
- ⑤ 整備したインフラの撤去
【担当 株式会社NIPPON】
- ⑥ ステークホルダとの調整
【担当 パシフィックコンサルタンツ株式会社】

1.3 研究の方法

東京臨海部実証実験のうち、羽田空港地域での実験に必要なインフラ整備（磁気マーカー、専用レーンの舗装、仮設のバス停、第1ゾーンの舗装等）を行う。

また、実証実験終了までインフラを維持管理し、終了後に原状復旧する。

インフラを整備するにあたり、各インフラの仕様については、道路管理者・交通管理者・実験参加者等と協議し、決定する。

また、施工方法・原状復旧方法についても、関係者と協議を行ったうえで決定する。

インフラ整備の進捗状況については、「東京臨海部実証実験タスクフォース」や「東京臨海部実証実験 羽田空港地域 SWG」にて報告する。

- 東京臨海部実証実験のうち、羽田空港地域での実験に必要なインフラ整備（磁気マーカー、専用レーンの舗装、仮設のバス停、第1ゾーンの舗装等）を行う。
- また、実証実験終了までインフラを維持管理し、終了後に原状復旧する。
- インフラを整備するにあたり、各インフラの仕様については、道路管理者・交通管理者・実験参加者等と協議し、決定する。
- 施工方法・現状復旧方法についても、関係者と協議を行ったうえで決定する。

インフラ整備の進捗状況については、
「東京臨海部実証実験タスクフォース」や
「東京臨海部実証実験 羽田空港地域SWG」にて報告する。

図 2 実施事項

2. 全体統括

東京臨海部実証実験に向けて、次世代型公共交通システム（バス・少人数輸送車等）に必要なインフラ（磁気マーカー、専用レーンの舗装、仮設のバス停の設置、第一ゾーン内の舗装等）の設計・整備と事前検証、及び整備したインフラの維持・管理・撤去・原状復旧を実施するにあたり、研究開発全体の監理やスケジュール調整等を行った。

また、インフラ整備の状況については、定期的で開催される「東京臨海部実証実験タスクフォース」や「東京臨海部実証実験 羽田空港地域 SWG」等で関係省庁・関係団体・実験参加者に報告を行った。

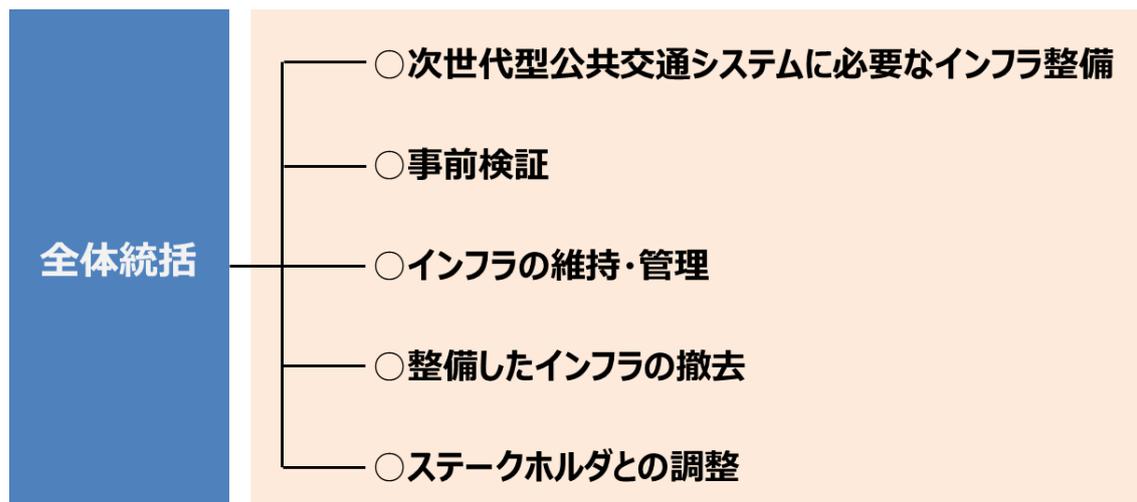


図 3 実施体制

また、本業務における全体スケジュールを以下に示す。

表 1 スケジュール表

項目	2019年												2020年												2021年	
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月		
磁気 マーカー (区間① ~⑩)	<ul style="list-style-type: none"> 仕様調整(磁気マーカー設置間隔等を調整) 施工調整(道路管理者・交通管理者との調整、申請等) 						<ul style="list-style-type: none"> 施工調整(道路管理者・交通管理者・第1ゾーン管理者等との調整、申請等) 磁気マーカー施工(9月から順次施工) 						<ul style="list-style-type: none"> 第1ゾーン磁気マーカー撤去(調整含む) 						<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去に係る施工調整 各種申請 		<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去 撤去完了に係る道路管理者との調整 					
バス専用 レーン (区間③ ④⑥⑦ ⑧)	<ul style="list-style-type: none"> 仕様調整(カラー舗装の範囲、位置等を検討し、交通管理者と調整) 工程調整(警視庁設置の規制標識等との工程調整) 						<ul style="list-style-type: none"> 施工調整(道路管理者・交通管理者との調整、申請等) バス専用レーン施工(3月施工) 						<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去に係る施工調整 各種申請 													
仮設バス 停 (区間⑤ ⑩)	<ul style="list-style-type: none"> 仕様調整(仮設バス停の設置位置、材料等を検討し、実験参加者や道路管理者と調整) 						<ul style="list-style-type: none"> 施工調整(道路管理者・交通管理者・第1ゾーン管理者等との調整、申請等) 第3ターミナルバス停設置(3月5月施工) 						<ul style="list-style-type: none"> 第1ゾーンバス停撤去(調整含む) 						<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去に係る施工調整 各種申請 							
周知用 案内看板 (区間② ⑥⑧)	<ul style="list-style-type: none"> 仕様調整(周知用案内看板のレイアウトや設置位置等を検討し、交通管理者などと調整) 						<ul style="list-style-type: none"> 施工調整(道路管理者・交通管理者との調整、申請等) 周知用案内看板(3月施工) 						<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去に係る施工調整 各種申請 													
<ul style="list-style-type: none"> インフラ維持管理 																										
<ul style="list-style-type: none"> バス停付帯施設に関して、実験参加者からの意見により調整施工 																										
<ul style="list-style-type: none"> インフラ維持管理 																										
<ul style="list-style-type: none"> インフラ維持管理 																										

3. 次世代型公共交通システムに必要なインフラ整備

磁気マーカーを用いた自動運転システムを構築するために、インフラの設計・整備を行い、維持・管理を行う。また、実証実験終了後は撤去・原状復旧する。なお、整備するインフラは、磁気マーカー、専用レーンの舗装、仮設のバス停、第一ゾーン内の舗装である。

また、第3ターミナル入口交差点においては、右折レーン延伸を行うため、その設計を本業務で行った。

以下にインフラ整備項目を示す。

表 2 インフラ整備項目

インフラ項目	箇所	備考
磁気マーカー	自動走行実験ルート全線	整備延長: 約 4,000m
バス専用レーン	自動走行実験ルートの内、環状八号線及び空港アクセス道路	カラー舗装: 赤色 整備延長: 約 2,700m 設置幅員: 30cm+30cm
周知用案内看板	環八道路(4 か所)及び大田区道(1 か所)	
仮設バス停	第3ターミナル付近及び第1ゾーン内	第3ターミナルバス停: 鋼材等で整備 第1ゾーンバス停: 通常のバス停と同様の工法で整備
第1ゾーン内の舗装	第1ゾーンバス停付近	実験を行う自動運転バスの重量に耐えうる舗装にて整備

また、インフラを整備するにあたり、区間ごとの道路管理者を以下に示す。

表 3 道路管理者表

区間	道路管理者	備考
①⑩	大田区(新設道路につき、施工時は UR 管理道路)	大田区道
②	大田区	大田区道
③~⑨	東京空港事務所	航空局管理道路
⑪	第1ゾーン開発事業者	

区間番号については以下を参照。

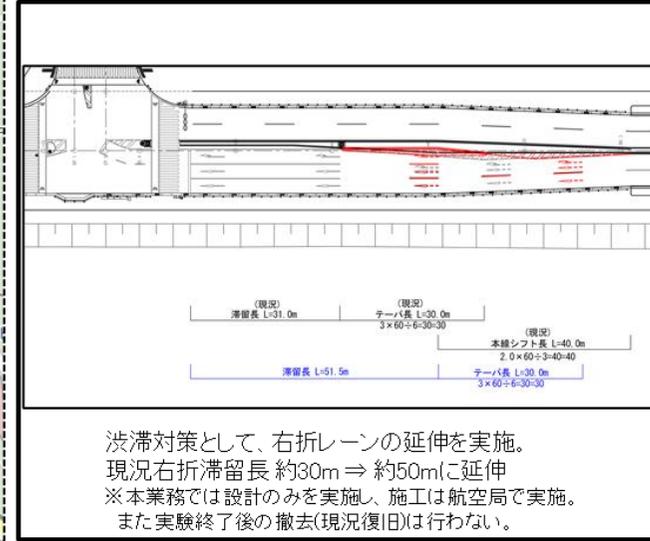


図 4 インフラ位置図

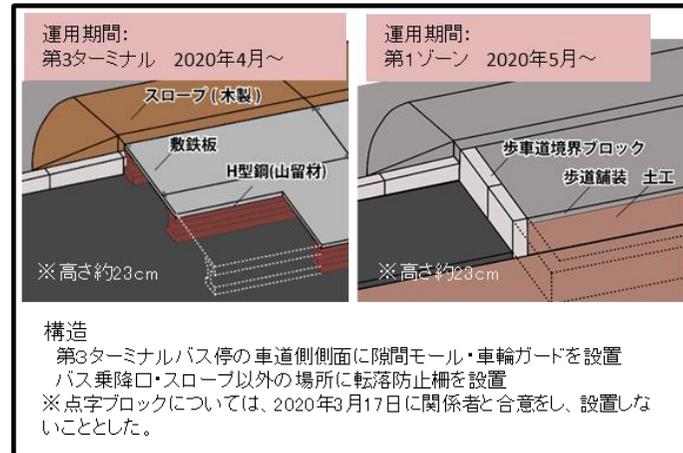
以下に、整備するインフラの概要を示す。



第3ターミナル入口交差点改良の概要



プラットフォーム 構造イメージ



磁気マーカー 概要



バス専用レーン 整備イメージ



周知案内看板 内容イメージ



図 5 インフラ整備概要

本項のスケジュールについて、以下黄色箇所のとおり。

表 4 スケジュール表

項目	2019年												2020年												2021年	
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月		
磁気マーカー (区間①~⑪)	<ul style="list-style-type: none"> 仕様調整(磁気マーカー設置間隔等を調整) 施工調整(道路管理者・交通管理者との調整、申請等) 						<ul style="list-style-type: none"> 施工調整(道路管理者・交通管理者・第1ゾーン管理者等との調整、申請等) 磁気マーカー施工(9月から順次施工) 						<ul style="list-style-type: none"> 第1ゾーン磁気マーカー撤去(調整含む) 		<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去に係る施工調整 各種申請 		<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去 撤去完了に係る道路管理者との調整 									
・インフラ維持管理																										
バス専用レーン (区間③④⑥⑦⑧)	<ul style="list-style-type: none"> 仕様調整(カラー舗装の範囲、位置等を検討し、交通管理者と調整) 工程調整(警視庁設置の規制標識等との工程調整) 						<ul style="list-style-type: none"> 施工調整(道路管理者・交通管理者との調整、申請等) バス専用レーン施工(3月施工) 								<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去に係る施工調整 各種申請 											
・インフラ維持管理																										
仮設バス停 (区間⑤⑩)	<ul style="list-style-type: none"> 仕様調整(仮設バス停の設置位置、材料等を検討し、実験参加者や道路管理者と調整) 						<ul style="list-style-type: none"> 施工調整(道路管理者・交通管理者・第1ゾーン管理者等との調整、申請等) 第3ターミナルバス停設置(3月5月施工) 						<ul style="list-style-type: none"> 第1ゾーンバス停撤去(調整含む) 		<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去に係る施工調整 各種申請 											
バス停付帯施設に関して、実験参加者からの意見により調整施工																										
・インフラ維持管理																										
周知用案内看板 (区間②⑥⑧)	<ul style="list-style-type: none"> 仕様調整(周知用案内看板のレイアウトや設置位置等を検討し、交通管理者などと調整) 						<ul style="list-style-type: none"> 施工調整(道路管理者・交通管理者との調整、申請等) 周知用案内看板(3月施工) 								<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去に係る施工調整 各種申請 											
・インフラ維持管理																										

3.1 磁気マーカーの整備

(1) インフラの概要

自動運転支援インフラのひとつとして、磁気マーカーの整備を行った。

自動運転車の自己位置推定を行う方法には、次のようなものがある。

- ①IMU/慣性航法装置等、車両の加速度センサ等を使用するもの
- ②LiDAR・カメラ等を用いた周辺認識および高精度三次元地図との照合
- ③GPS/GNSS 等を用いるもの
- ④磁気マーカー/電磁誘導線および RF タグを用いるもの

これらの方法のうち、現段階での技術レベルでは①だけでの走行は実態として困難であり、②・③・④のいずれか、または複数を併用する方法が採用されている。方法ごとに、おおよそ次のようなメリット・デメリットがあるとされる。

表 5 メリット・デメリット表

	メリット	デメリット
①	・あらゆる道路・状況においてデータ取得が可能	・走行により誤差が累積するため、これだけでの走行は不可能
②	・比較的高精度な測位が可能	・あらかじめデータの準備が必要 ・周辺環境の変化(停車車両・雑草等)によって照合ができなくなる
③	・事前に路側インフラ・データを準備することなく測位が可能 ・衛星への見通しが効く箇所であれば、高精度な測位が可能	・周辺環境(トンネル・高層ビルなど)によって測位精度が大幅に低下する。
④	・気象状況・周辺状況に左右されず、高精度な測位が可能	・路側でのインフラ整備・維持管理が必要

羽田地域は、主にオーナーカーが走行する他地域とは異なり、一定の路線を繰り返し走行する大型路線バスを想定した整備を行った。そのため走行ルートが限定できること、位置精度のより高い信頼性が求められることから、④の優位性が高い地域である。

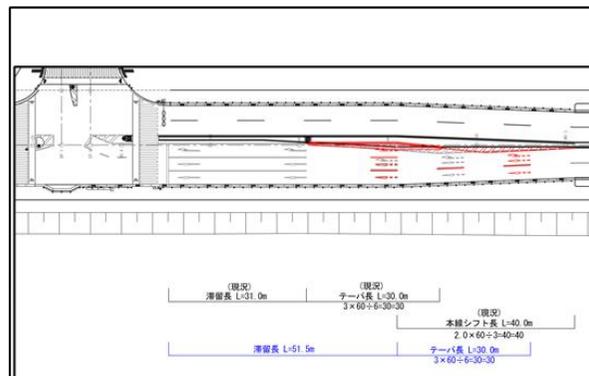
実験参加者 3 者のうち 2 者(いずれも大型バス)については、主な自己位置推定手段として磁気マーカーおよび RF タグを用いて走行を行うものであったため、これにあわせたインフラ設計を行った。

磁気マーカー概要について、以下の赤枠に示す。

また整備位置については、次の図で示すとおり、走行予定ルートの中線である。

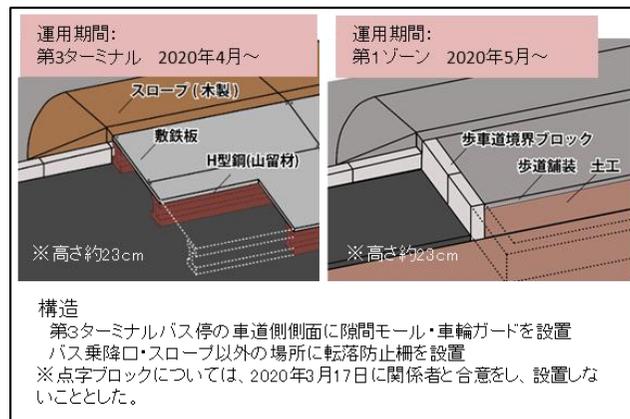


第3ターミナル 入口交差点改良の概要



渋滞対策として、右折レーンの延伸を実施。
 現況右折滞留長約30m⇒約50mに延伸
 ※本業務では設計のみを実施し、施工は航空局で実施。
 また実験終了後の撤去(現況復旧)は行わない。

プラットフォーム 構造イメージ



磁気マーカー 概要



バス専用レーン 整備イメージ



周知案内看板 内容イメージ



図 6 インフラ整備概要

(2) インフラの整備仕様

磁気マーカーの整備仕様については、関係者との協議を踏まえ決定した。
設置間隔などについては、以下の仕様で設置することとした。

(a) 設置間隔

磁気マーカーの設置間隔は、2m 間隔を基本としつつ、箇所によっては間隔を狭めて整備した。

表 6 箇所別設置間隔

箇所	間隔	理由
直線部	2m	実験参加者との協議の結果決定。一般的に、間隔が短くなるほど測位の時間的間隔が短くなり、自己位置推定精度が上がる一方、整備費用が高くなる。各社が問題なく走行した実績がある中で、比較的広い間隔を採用したものである。
カーブ部 (R=30 以下の 箇所およびそ の前後 10m)	1m	カーブ部分は、直線部分より精密な制御が必要なため、測位間隔を狭める必要がある。直線部同様、実験参加者の実績を考慮し設定。 対象道路に R=30 以下となるカーブはなく、実際の対象箇所は交差点右左折箇所が主。
バス停付近	20cm (設計時。施 工時に 1m 間 隔に変更)	自動運転バスがバス停に正着する際は、曲線部と比較し、さらに精密な制御が必要となる。直線部同様、実験参加者の実績を考慮し設定。 ※設計上は 20cm としていた箇所について、施工時に調整の上、コスト削減の目的、および技術面での進歩を考慮して 1m 間隔に変更

(b) マーカーの種類

磁気マーカーの種類として、埋設方式と貼付方式の 2 種類がある。

貼付方式の場合、施工にかかる時間は短くなるものの、耐久性に劣る。今回の実証実験は長期間であるため、磁気マーカーの耐久性を重視し、埋設方式とした。

また、設置するマーカーの約 5 個に 1 個について、自動運転車両の制御をより確実にするため、RFID 付マーカーを設置した。なお、マーカー設置時の極性について、RFID 付マーカーは S 極、それ以外は N 極を上にして配置した。

(c) 設置方法

磁気マーカーの具体的な設置位置を決定する主な方法として、「食紅方式」「逆打ち方式」がある。今回は、ほとんどの区間では食紅方式を、一部の区間では逆打ち方式を採用した。

食紅方式は、走行予定ルートに実際の車両を走らせ、通った位置を食紅でマーキングすることで設置ラインを決定する方法である。

また逆打ち方式は、事前に CAD 上などで車両軌跡を作成し、磁気マーカー1つ1つの座標を決定した上で設置する方法である。

表 7 設置方法概要

	食紅方式	逆打ち方式
施工方法	実験車両を実走させ埋設位置をマーキング ↓ 磁気マーカー埋設 ↓ 磁気マーカーの位置を測量	CAD 上で磁気マーカーの座標を決定 ↓ 磁気マーカー予定位置を測量 ↓ 磁気マーカー埋設 ↓ 磁気マーカー位置を測量
メリット・デメリット	<ul style="list-style-type: none">・施工時間(≒規制時間)が短い・コストが安い・特定のドライバーが走行した軌跡で自動運転車が走行することになる・図面と現地の不整合に対応可能	<ul style="list-style-type: none">・施工時間(≒規制時間)が長い(3倍程度)・コストが高い・CAD 上で設計した理想的なコースで自動運転車を走行させることができる・図面と現地の不整合に対応困難

今回、逆打ち方式での①長距離での施工実績がないことや、②施工期間が長くなる、③施工費の増大が見込まれることから、ほとんどの区間で食紅方式を採用した。

ただし、精緻な制御が必要となるバス停付近の設置については、逆打ち方式にて整備を実施した。

(d) 設置位置

マーカの設置位置は、各関係者との調整により決定した。

なお、走行ルート自体は、本研究開発の受託前に決定していたものである。

区間ごとの設置位置について下記にまとめる。原則、第1車線の車線中央に設置している。

表 8 区間別設置位置

区間	位置
①	車線中央に設置。
②	車線中央に設置。
③	第1車線中央に設置。
④	次の交差点で右折することから、第2車線(交差点部では右折レーン)の車線中央に設置。
⑤	バス停車前では、車線変更をしない経路で、ターミナル前の第3車線に設置。 バス停の先では、バスが第1車線から第2車線へ進路変更する箇所において、両車線の中央に設置。その先では第2車線に設置。
⑥	第1車線中央に設置。
⑦	第1車線中央に設置。
⑧	第1車線中央に設置。 次の交差点で左折することから、交差点部では左折レーンに設置。
⑨	車線中央に設置。
⑩	車線中央に設置。①区間に接続。

(3) 設置にかかる関係機関との調整

設置にあたり必要な道路管理者等への調整を行った。主な調整先は次のとおりである。

調整対象	主な調整内容
実験参加者	設計全般
国土交通省 東京航空局 (および、管理委託先2者)	設計・施工全般
東京都大田区	設計・施工全般
第一ゾーン開発事業者 (再開発事業者1者・施設管理者2者)	設計・施工全般
警察庁・警視庁・東京空港警察署	設計・施工全般

特に、本件磁気マーカーの設置箇所は、道路法道路・空港構内道路・私道・私有地内と種類の異なる複数の箇所に及んだため、多くの調整を要した。

・道路法道路(大田区管理)

磁気マーカーは、整備時点においては道路法等による位置づけがなく、磁気マーカーを道路占用によって設置することは困難であった。そのため協議の上、当該地区が特区であることも踏まえて特別な許可をいただき、道路管理者の許可による設置を行った。

また施工にあたっては、設置予定の道路の一部が調整時点において施工されていない道路であったこともあり、タイミング等の調整を行ったうえで施工した。

・空港構内道路(東京航空局管理)

磁気マーカーを整備する道路の大部分は航空局の管理する構内道路(空港用地)であるため、磁気マーカーの法的位置づけとしては国有地の使用となる。そのため東京航空局と調整の上、使用申請・工事申請などを行った上で整備を行った。

・第一ゾーン内(私道・私有地)

第一ゾーン周辺の一部道路は、区に移管されていない私道の状態にあった。また第一ゾーン内は私有地内であった。そのため、これらの管理者となる第一ゾーン開発事業者と調整の上で整備を行った。

(4) 図面の作成

決定した区間をもとに、施工用図面の作成を行った。

実際の施工は、実験用バス車両を現地で走行させ、食紅を垂らしてマーキングすることで埋設位置を決めるため、図面においては設置ルートを指示するのみとしており、個々のマーカーの位置は指示していない。

(5) 整備状況

2019年度においては、磁気マーカー設置状況は以下のとおり。



図 7 設置状況図 (2019 年度)

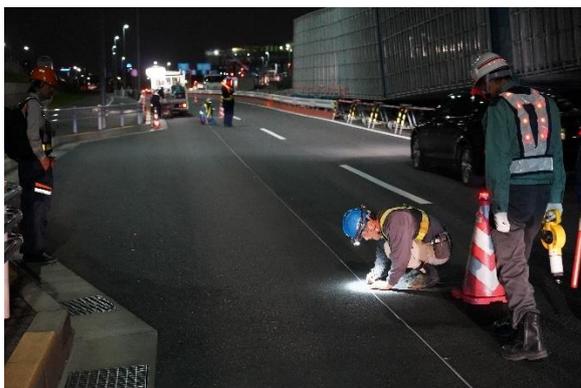
また、2020年6月においては、磁気マーカー設置状況は以下のとおり、予定していた全線において設置が完了した。



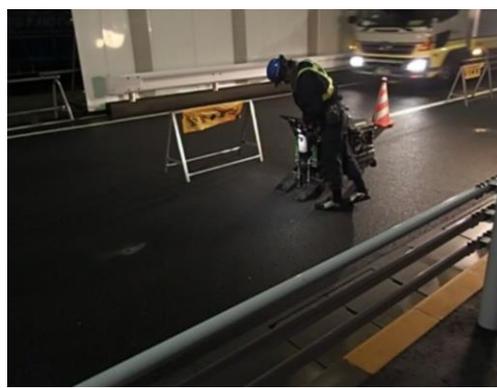
図 8 設置状況図 (2020 年度)

磁気マーカー施工時の写真を以下に示す。

位置出し作業



設置孔あけ作業



磁気マーカー設置



充填剤



設置後の現地の状況を以下に示す。

設置後	設置後 (拡大)
	

バス停部の磁気マーカー設置状況



3.2 専用レーンの舗装

本研究開発では、自動運転バス専用のレーンを整備することで、安全性・円滑性の確保を行った。

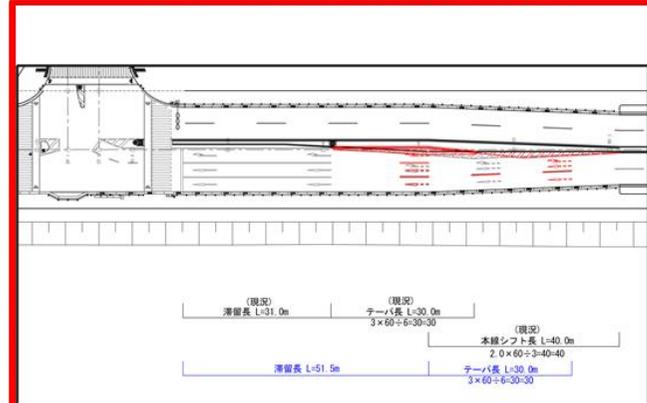
本項目で整備を行ったインフラ等は、次のとおりである。

- ・専用レーンのカラー舗装
- ・一般ドライバーに専用レーンを周知する案内看板
- ・国際線西交差点の右折レーン延伸(設計のみ)

対象インフラは、以下赤枠内のとおり。

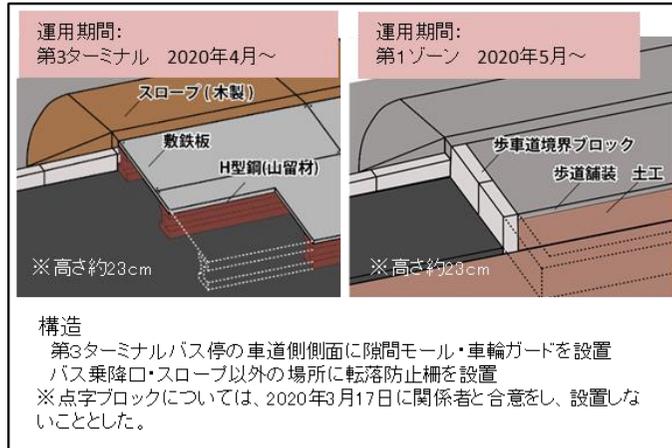


第3ターミナル入口交差点改良の概要



渋滞対策として、右折レーンの延伸を実施。
 現況右折滞留長 約30m ⇒ 約50mに延伸
 ※本業務では設計のみを実施し、施工は航空局で実施。
 また実験終了後の撤去(現況復旧)は行わない。

プラットフォーム 構造イメージ



磁気マーカー 概要



バス専用レーン 整備イメージ



周知用案内看板 内容イメージ



図 9 インフラ整備概要

3.2.1 カラー舗装

(1) インフラの概要

前述の通り、バス専用レーンであることを一般ドライバーに明示することを目的に、バス専用レーンのカラー舗装を行った。

なお、バス専用レーンの規制標識および規制表示について、設計・施工は警視庁にて実施したが、設置区間の調整などは本研究開発と連携して行ったため、あわせて記述する。

(2) 整備仕様

(a) カラー舗装の幅

一般的に、バス専用レーンのカラー舗装は車線全面に行う。一方今回は、期間が区切られた実証実験であることを踏まえ、コスト削減のためにこれを縮小し、車線両端 30cm の着色とした。

車線幅を縮小することにより、一般車両からの視認性は低下することになるため、事前に 3D CG によって整備後の視認性をシミュレートし関係者間で確認することで整備幅を決定した。

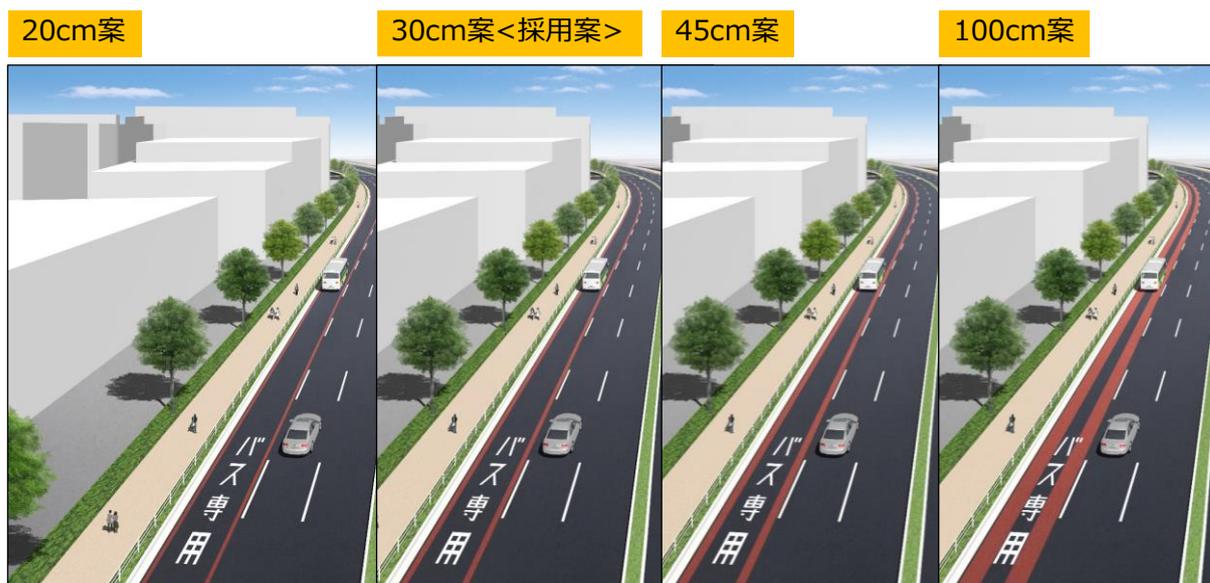


図 10 専用レーン視認性確認



図 11 専用レーン視認性確認 採用案:W=30cmの場合

(b) 舗装材料

カラー舗装を行う舗装材料は複数の種類があるが、2020年度までの実証実験であるということ踏まえ、最低限の機能性、経済性を考慮し、本来横断歩道等に用いられる商品を採用した。

カラー舗装施工時の写真を以下に示す。



(3) 整備区間の決定

専用レーンの設置区間は、実際に標識・標示の設置を行う警視庁と相互に調整し決定した。
安全性・円滑性確保のため、できる限り設置延長を確保する方向で調整した。

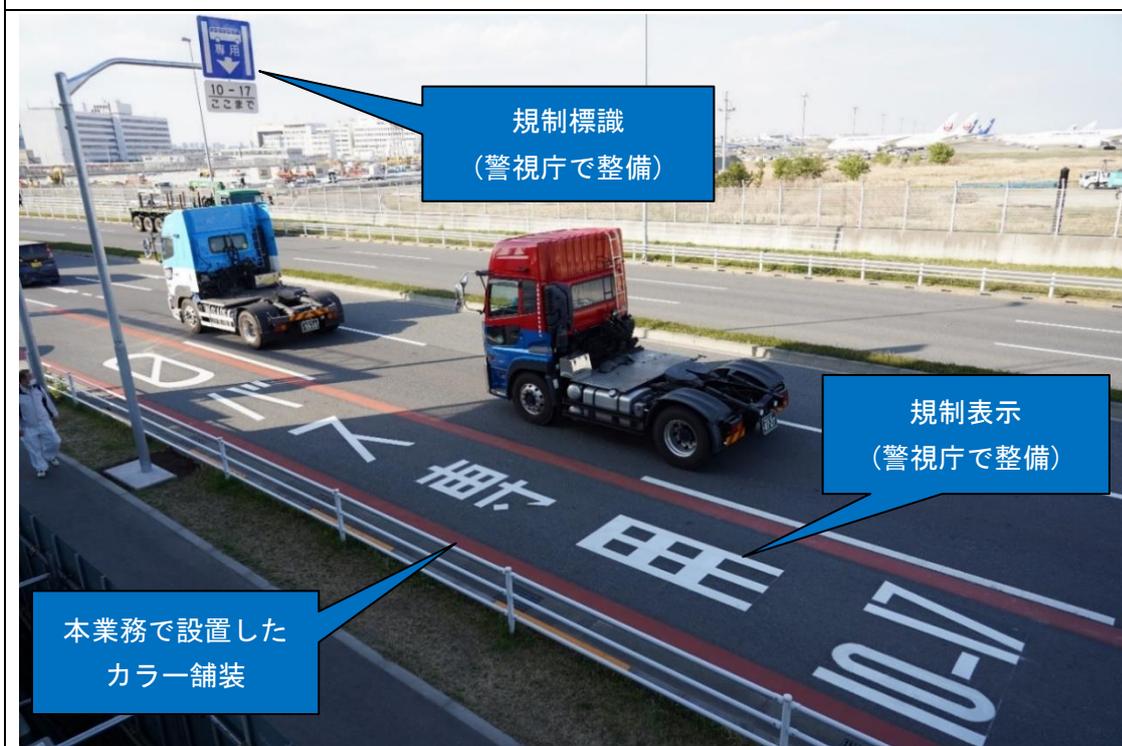
一方交差点付近での安全性確保のため、付加車線が始まる 30m 手前で専用レーンを終了する形とした。これは道路交通法では、交差点の右左折のためあれば一般車両もバス専用レーンを走行できるが、入ってはいけないと勘違いした一般車両が第 2 車線(直進レーン)から右折してしまったり、交差点直前で急な割り込みを行う危険性があるための措置である。

その他、交差点通過直後、バス専用レーンが始まる箇所についても、ある程度交差点から離す措置を行った。

(4) 整備状況

バス専用レーンの現地状況の写真を以下に示す。

バス専用レーン設置状況



バス専用レーン設置後の現地状況



3.2.2 周知用案内看板

(1) インフラの概要

環八通り(片側3車線)にバス専用レーンを整備するにあたって、前後の区間から直進してきた車両が気づかないうちに専用レーンに進入してしまうことがないように、専用レーンを設置する区間の手前に周知用案内看板の設置を行った。

(2) 設置位置

周知用案内看板の設置位置については、関係者との協議により以下図12のとおり、5か所に設置することとした。



図 12 周知用案内看板の整備位置

周知用案内看板の設置位置ごとのレイアウトについては、以下のとおり決定した。

表 9 レイアウト検討

場所	レイアウト	理由
環八道路 (区間⑧)	レイアウト A	環八道路(東行き)において、バス専用レーンが区間③より始まることを、一般車へ知らせるため設置
環八道路 (環八第3ターミナル入口交差点付近)		環八道路(西行き)において、バス専用レーンが区間⑥より始まることを、一般車へ知らせるため設置
大田区道 (区間②)	レイアウト B	区間②より環八道路へ出ていく一般車に対して、区間③⑧のバス専用レーンが設置されていることを知らせるため設置

(3) レイアウト

周知用案内看板のレイアウトについては、関係機関等と調整の上下記のとおりとした。



図 13 レイアウト A

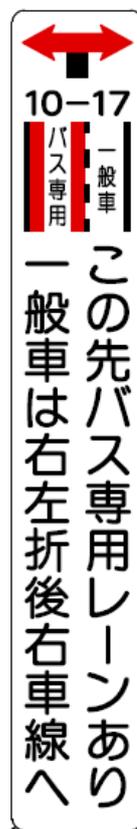


図 14 レイアウト B

(4) 整備状況

2019年度においては、環八通りの4か所への設置が完了した。②区間の旧環八通りの周知用案内看板については、2020年度に設置した。

周知用案内看板設置後の状況について、以下に示す。

環八道路（環八第3ターミナル入口交差点付近）



大田区道（区間②）



3.2.3 国際線西交差点右折レーン延伸

(1) インフラの概要

専用レーンの整備と連動して、国際線西交差点(施工時の名称。現在の名称は「第3ターミナル西交差点」)の右折レーンの延伸を実施した。

なお、本研究開発では設計のみを行い、施工は道路管理者である東京航空局が行った。

(2) 整備の仕様

延伸の結果、右折レーンの延長は31mから51mとなった。

これ以上延伸した場合、上下線の本線シフト部分を南側(図面右側)に向かって移動する必要があることから、歩車道境界(街渠等)の改築が必要となるため、影響が大きい。そのため、本線シフト部に影響しない範囲で最大限延伸したものである。

設計段階で警視庁との協議を行い、内容について承諾を得ている。

また、改築による地下埋設物への影響がないよう、東京航空局より埋設物のデータを受領して影響を確認した。その結果、中央分離帯部分に埋設されている道路照明のケーブルが支障する可能性があったため、試掘を行い、影響が懸念される場合は防護等の対応を行うよう申し送りを行った。

(3) 図面の作成

右折レーン延伸の設計図面を以下に示す。

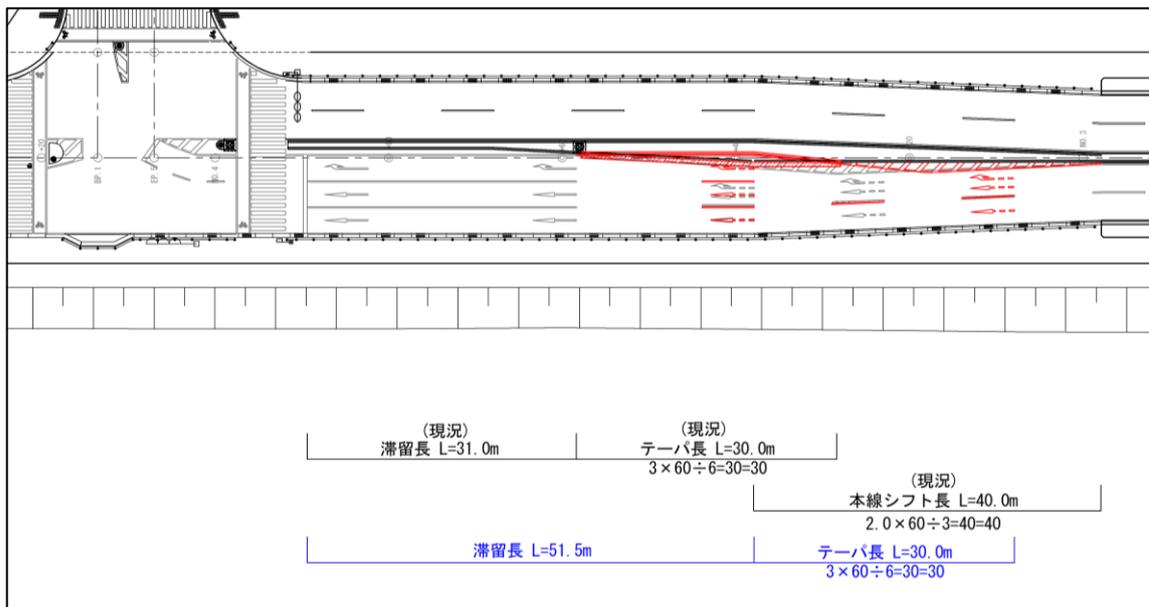


図 15 設計図面

(4) 整備状況

施工後の現地の状況は以下の通り

施工後写真



施工後写真



3.3 仮設バス停の設置

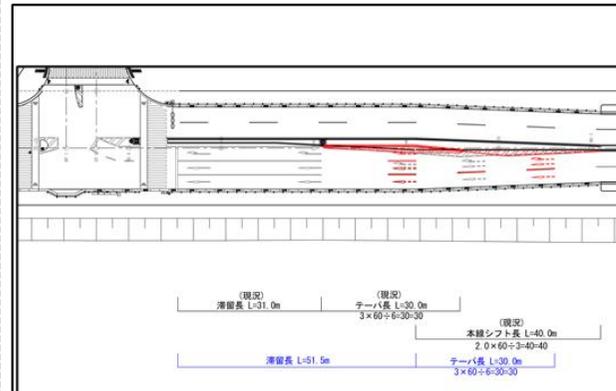
自動運転バスの停車に関する実証実験を行うことを目的に、仮設バス停を製作し、設置した。また、バス停設置箇所前後の白線・ゼブラを変更した。

なお、仮設バス停の構造については、車椅子ユーザーの乗降等に耐えうる範囲で軽量・可搬化し、設置・撤去が容易となるよう検討した。

赤枠内に示す、仮設バス停（プラットフォーム）2か所整備する。

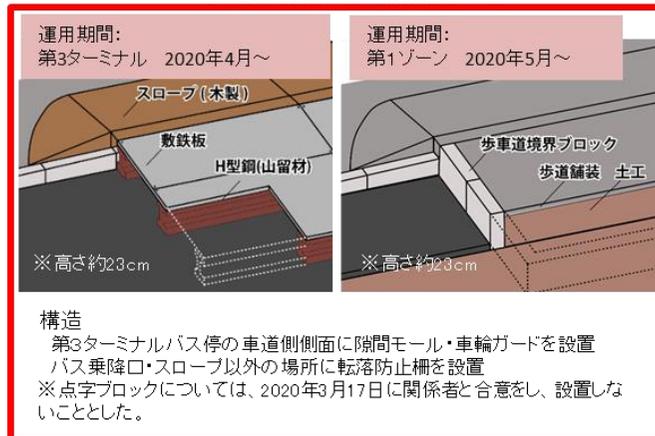


第3ターミナル入口交差点改良の概要



渋滞対策として、右折レーンの延伸を実施。
現況右折滞り長 約30m ⇒ 約50mに延伸
※本業務では設計のみを実施し、施工は航空局で実施。
また実験終了後の撤去(現況復旧)は行わない。

プラットフォーム 構造イメージ



磁気マーカー 概要



バス専用レーン 整備イメージ



周知案内看板 内容イメージ



図 16 インフラ整備概要

設置時期に関して、以下のとおり。

第3ターミナルバス停については、2020年3月に設置した。

第1ゾーンバス停については、2020年5月に設置した。

表 10 仮設バス停設置工程表

	2020年							
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	
第3ターミナルバス停	バス停設置	防護縁石設置				仮設ガードレール移設・横断防止柵撤去		
第1ゾーンバス停			バス停設置			横断防止柵撤去		

3.3.1 第3ターミナルバス停設置

(1) インフラの概要

第3ターミナルバス停は、本研究開発で設置した仮設バス停2箇所のうち、第3ターミナル(旧 国際線ターミナル)の車寄せ部分に整備したバス停である。

第3ターミナルバス停現地写真



(2) 整備仕様

(a) 設置位置およびバスベイの形状

当該バス停は、第3ターミナルのうち路線バス(リムジンバス等)停留所が存する車寄せ部分の最前部に設置した。当該箇所は従来は導流帯となっていた箇所であり、導流帯を一部消去する形で整備することで、既存の路線バス等の運行を妨げない形とした。

なお、上記記載のおおよその整備位置は、本研究開発受託前より決定していたものである。

本研究開発では、実験参加者のほか道路管理者(東京航空局)および交通管理者(警視庁)と協議を行い、バス停の整備位置・ゼブラの切り欠き方の決定を行った。

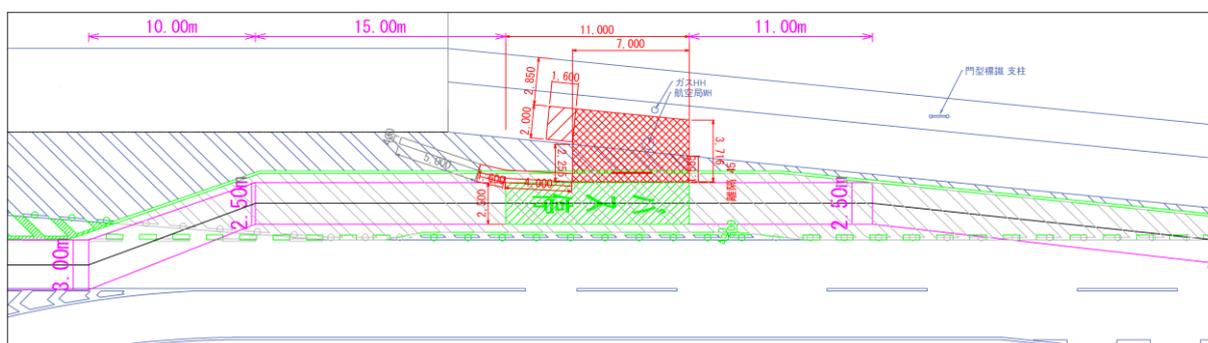


図 17 バス停設置図面

実験参加者としてはバス停まで直進してきて正着できることを要望していたが、交通管理者との協議の結果、他の車両が直進でバス停に到達できる構造は安全上問題があるため、導流帯でいったん車線を減少させた後に、あらためてバス停付近を拡幅する形(バスベイ型)とすることが求められた。

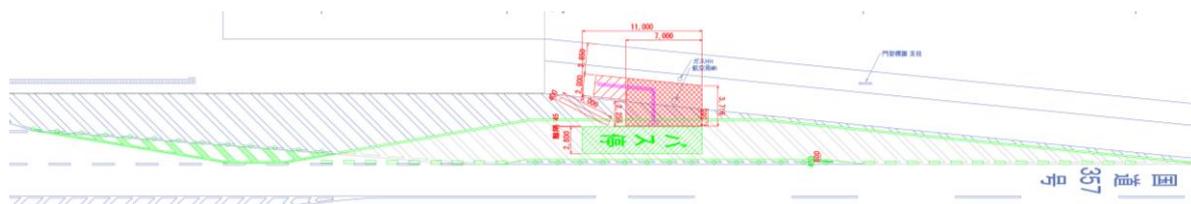


図 18 バス停設計図面

一方で、実験参加者との調整の結果、バスベイ進入部(10m)およびバス停手前部分(15m)の部分の最低限の延長として、合計 25m を確保することを要望された。

上記の交通管理者と実験参加者双方の要望を満たすため、バスベイ部手前のゼブラをふくらませる形とした。このゼブラの形状についても、交通管理者の承諾を得ている。

バス停部分の延長(11m)は、実験参加者の車両の長さである。

バス停自体はコスト削減のために、延長は 7m としている。これは、バスの前扉と中扉の双方から乗り降りが可能な延長のなかで、コスト削減のために規模を縮小したもので、正確な正着を前提とした寸法である。

バス停通過後の部分(11m)についても、実験参加者の車両の長さである。

バスは正着制御によってバス停に非常に近接して停車するため(数センチ以内)、バスが発車した後、バスの最後尾がバス停を通過してから右に曲がるようにしなければ、バスのリアオーバーハング部分がバス停に接触する危険性がある。そのため、車両延長分直進するスペースを確保している。

バス停の左右位置(図面上下方向)について、バスベイと車道部分をポストコーンで区切るため、そのために必要な幅を確保した。そのうえで、バスベイ部分を小さくするため、できる限り車道側に停車する形で配置している。

(b) バス停の構造および形状

バス停の形状は、下図のとおりとした。

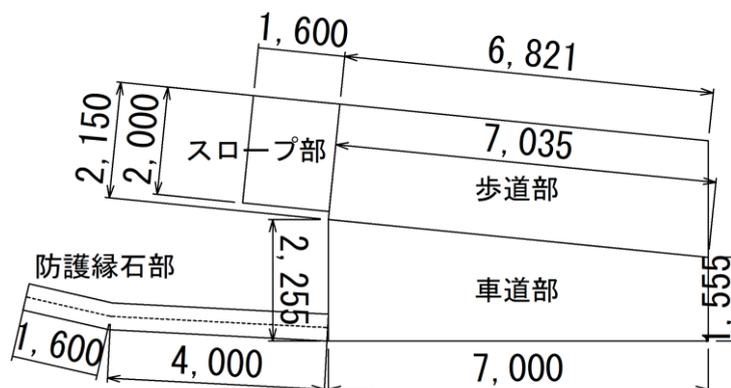


図 19 バス停設計図面

- ・大きく、バスが正着する部分「車道部」・バスの衝突を防ぐための「防護縁石部」・歩道と接続するための「歩道部」および「スロープ部」で構成されている。
- ・バス停の高さは、ノンステップバス車両が正着したときの出入口部の高さに合わせ、「車道から 23cm」とした。そのため、歩道(15cm)との間にスロープを設置している。
- ・「歩道部」の幅については、残る歩道部分の有効幅員 3.5m を残すことを主眼に、2.0m とした。
- ・実験終了後に容易に原状復帰できる構造とするため、鉄骨・鉄板等で構成し、可搬性を確保した。なお、従来実績のある数日程度の社会実験とは異なり、長期間に渡って設置されること、また常にスタッフが居るわけではないことから、安全性・強度の確保が必要であることを踏まえて材質・構造を決定した。
- ・車椅子利用者などの転落を防止するため、バス停外側に転落防止用の柵を整備した。なお、バスのオーバーハング部分との接触を避けるため、柵はバス停端から 50cm の離隔を確保して設置している。
- ・また、バス停を利用しない一般歩行者がバス停に接触・転倒することがないように、バス停歩道側にはポストコーン・チェーンを設置して注意喚起を行った。

- 断面形状は実験参加者と調整の上設計した。車両が安全に停車できるよう、「車輪ガード」「スキマモール」を設置している点が、通常のバス停と大きく異なる。これらの寸法については、実験参加者と調整の上決定した。



隙間モール
 ゴム製の素材で、バスがバス停に衝突した際に、車体への傷を最小限に抑える。

車輪ガード
 隙間モールより出っ張るようにすることで、バスがバス停に向かってきた際に、タイヤが車輪ガードに接触し、車両の接触を和らげる。

設計断面図

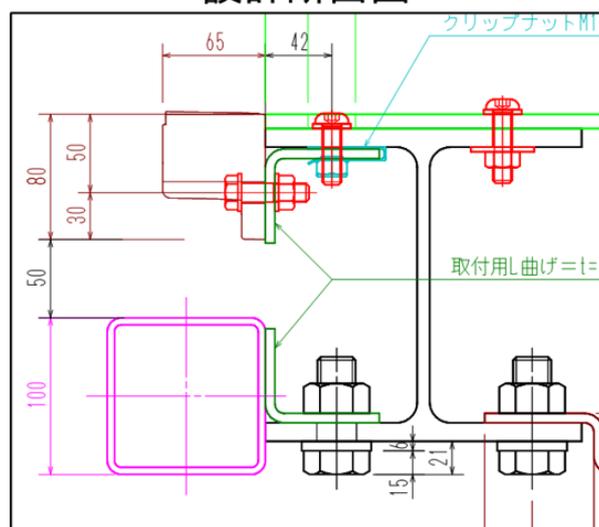


図 20 バス停断面図

・第3ターミナルバス停設置箇所にはマンホールがあり、道路管理者がマンホール内の維持管理作業(緊急のものを含む)を実施できるよう、バス停のマンホール部が開閉可能な設計とした。

設計図拡大

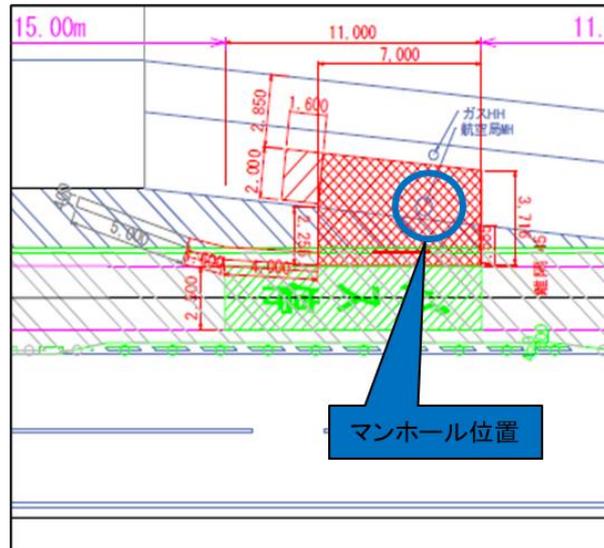
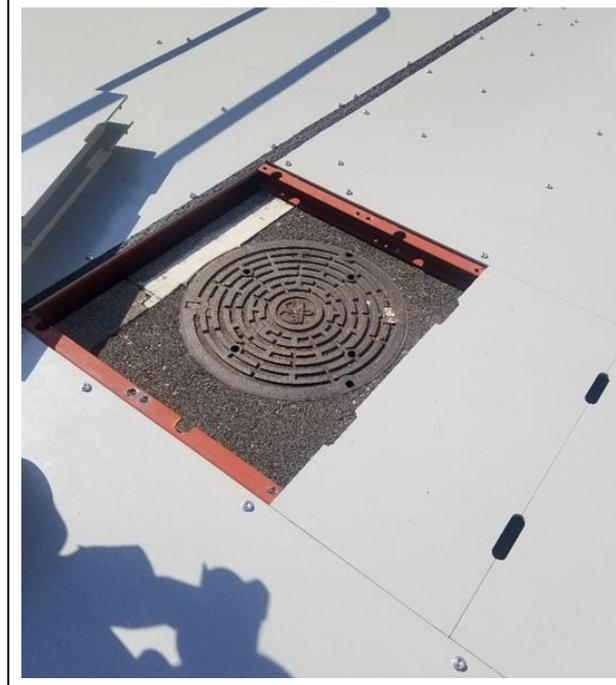


図 21 バス停設計図拡大

マンホール部写真



(c) 事故対策

- ・先述の通り、導流帯を膨らませる形で整備したことなどをふまえ、バス停手前に仮設ガードレールを設置してバス停への車両衝突を防止するほか、車線減少を示す路面標示を増設して注意喚起を行った。

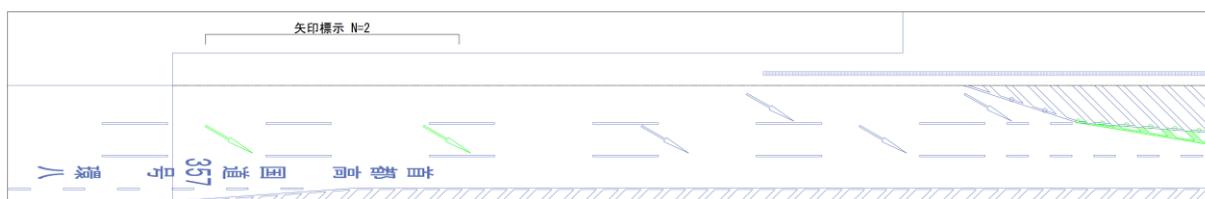


図 22 矢印表示の増設

(3) 図面の作成

第3ターミナルバス停の設計図面は以下のとおり

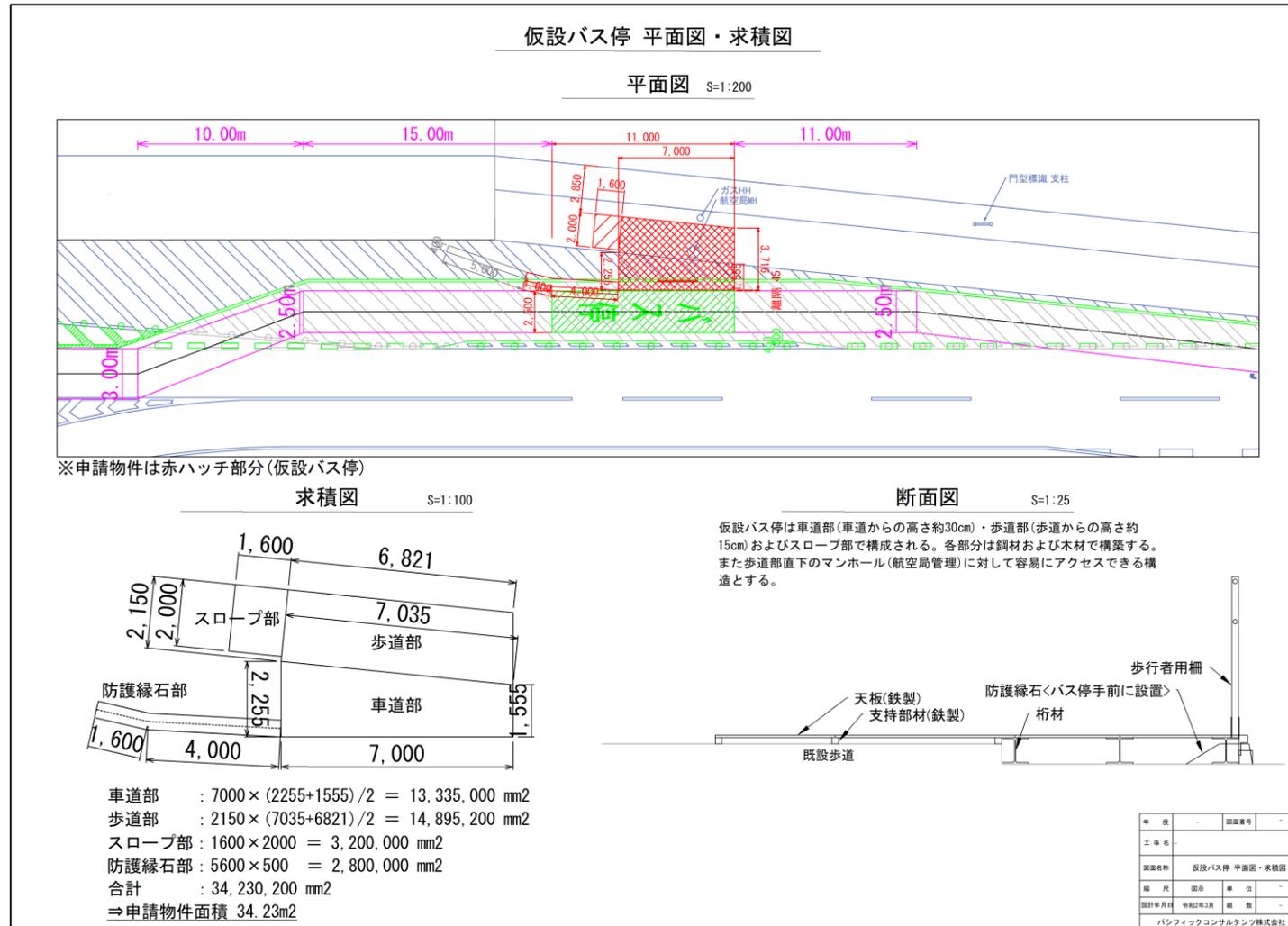


図 23 仮設バス停設計図

(4) 設置後の対応

バス停設置後、実験参加者より、以下の意見があったため、仮設ガードレールの移設及び横断防止柵の撤去を2020年8月に実施した。

表 11 設置後の対応

項目	理由
仮設ガードレールの移設	バス停止着制御時、仮設ガードレールが車両に近接してしまい、手動介入に係る安全に必要な距離を保てないため
転落防止柵の撤去	バス停止着制御時、誤ってバスがバス停に乗り上げてしまった場合、車両と横断防止柵が衝突してしまうため

上記の理由により、以下図面の通り仮設ガードレールを移設することとし、横断防止柵を撤去することとした。

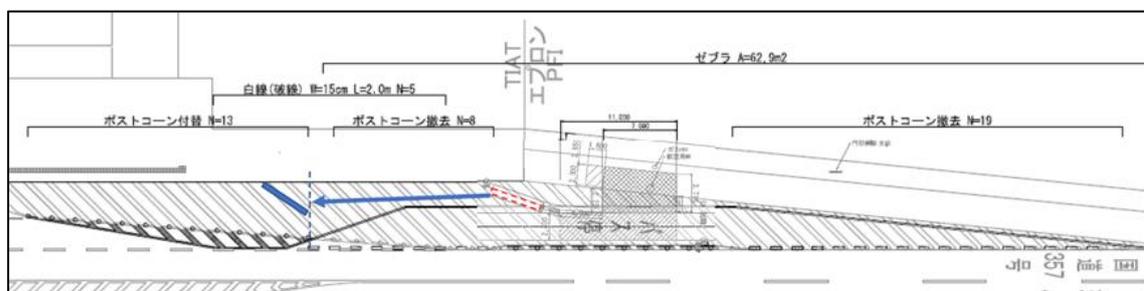
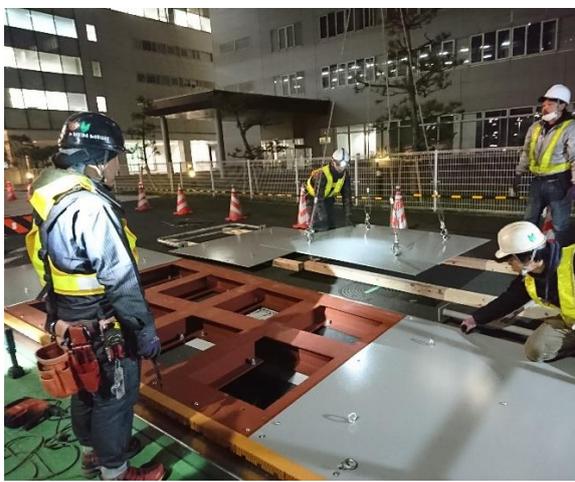
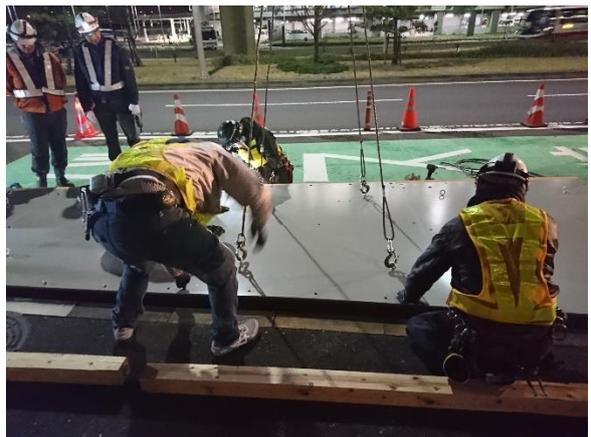


図 24 仮設ガードレール移設位置図

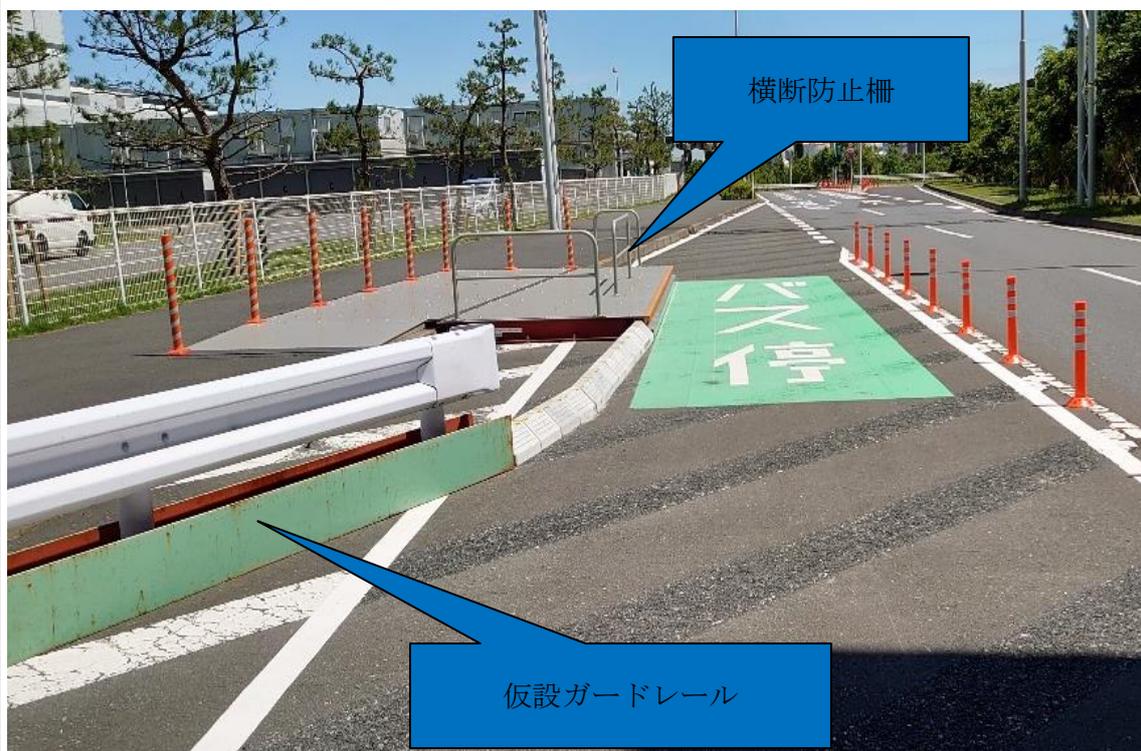
(5) 設置状況

設置時期に関して、第3ターミナルバス停については、2020年3月に設置した。
第3ターミナルバス停施工時の写真を以下に示す。

第3ターミナルバス停施工	第3ターミナルバス停施工
	
第3ターミナルバス停施工	第3ターミナルバス停施工
	

なお、仮設ガードレールの移設及び横断防止柵撤去後の状況については以下の通り。

移設・撤去前



移設・撤去後



移設・撤去後



2020年3月に設置が完了し、2020年8月に仮設ガードレール移設・横断防止柵撤去を実施。

現地状況は以下の通り。

第3ターミナルバス停



第3ターミナルバス停



3.3.2 第1ゾーンバス停設置

(1) インフラの概要

本実証実験と同時期に新設整備される「羽田空港跡地第1ゾーン整備事業」地区内の複合施設「羽田イノベーションシティ」内(民地内)に設置したバス停である。



(2) 整備仕様

(a) 設置位置及びバス停の形状・構造

- ・バス停の整備位置は、民地内に確保した広いスペースである。バス停の手前に 40m 程度の直線区間を設けている。
- ・民地内であるため、形状等について警察協議は行っていない。
- ・大きさはバス 3 台が縦列駐車できるものとし、延長約 40m を確保した。
- ・幅は、歩行者の有効幅員 2.0m を確保できるものとした。
- ・車椅子利用者の利用を想定し、前端部および後端部にスロープを設けた。なお自動運転車両がスロープを登ってバス停に乗り上げてしまうことがないように、スロープ部分は切り欠き形状とした。
- ・高さは第 1 ターミナルバス停同様、車両に合わせ 23cm とした。
- ・車椅子利用者などの転落を防止するため、バス停外側に転落防止用の柵を整備した。なお、バスのオーバーハング部分との接触を避けるため、柵はバス停端から 50cm の離隔を確保して設置している。
- ・第 3 ターミナルと異なり、バス停とあわせて舗装を設置・撤去する計画であったため、可搬性は必要なかったこと、また工期短縮・コスト削減が可能であることから、一般的なバス停と同様の土工構造とした。
- ・断面形状について、第 3 ターミナルバス停と同様の「スキマモール」「車輪ガード」を設ける設計とした。これらの部材を取り付けるため、側面がフラットになった専用の縁石を制作した。ただし整備時にはコスト削減のため、「スキマモール」「車輪ガード」の設置を省略した。

(3) 図面の作成

第1ゾーンバス停の設計図面は以下のとおり

第1ゾーンバス停設計図面

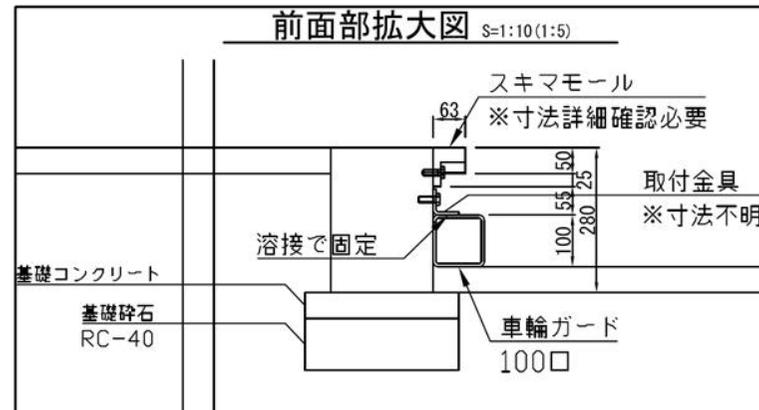
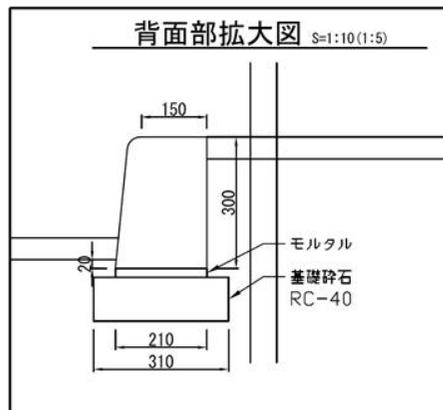
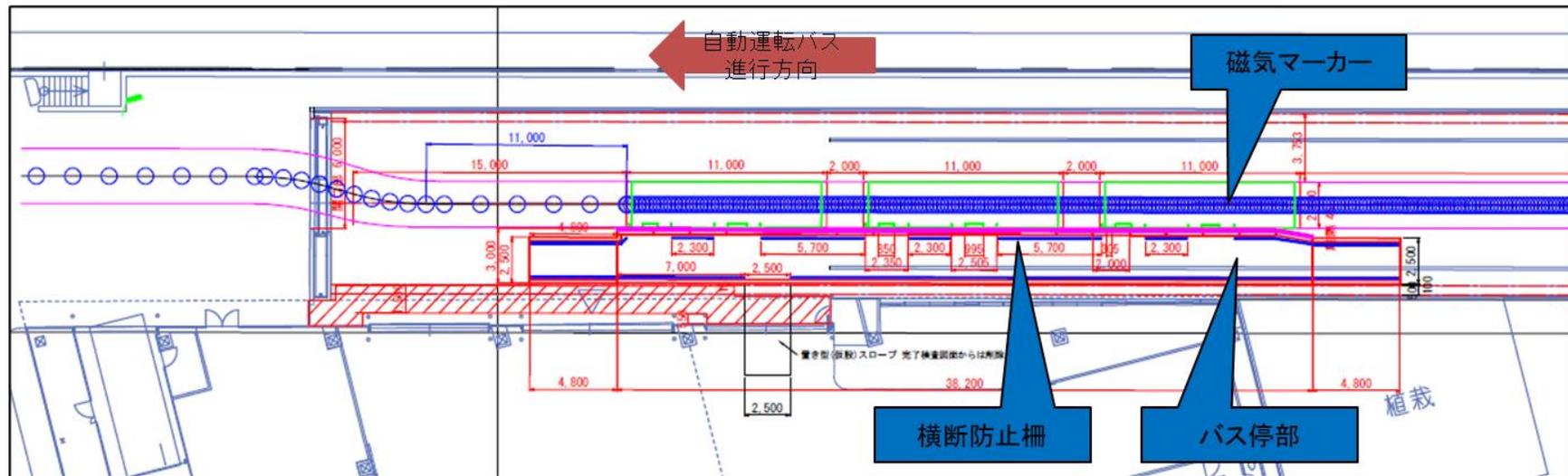


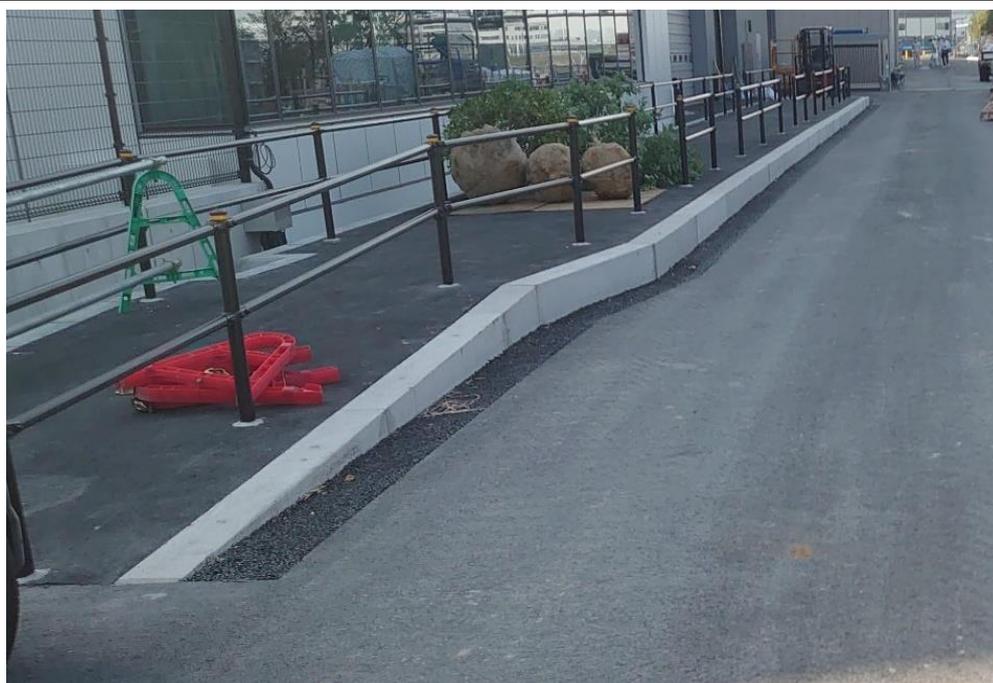
図 25 第1ゾーンバス停設計図

(4) 設置後の対応

バス停設置後、実験参加者より「正着制御時誤ってバスがバス停に乗り上げてしまった場合に車両と横断防止柵が衝突してしまうため、転落防止柵を撤去してほしい」旨の意見があったため、関係者と調整の上、横断防止柵の撤去を実施した。

なお、横断防止柵撤去後の状況については以下の通り。

横断防止柵撤去前



横断防止柵撤去後



3.4 第1ゾーンの舗装

第1ゾーン内で唯一の自動運転バスルートは、舗装がされていないため、仮設バス停及びバスの通行に支障がない支持力を有する仮舗装を構築する。

また、バスルート以外の舗装がされていない箇所についても仮舗装を行う。

なお、第1ゾーンの舗装については、2020年4月に実施した。

設置後の状況について、以下に示す。

第1ゾーン仮舗装範囲



4. 事前検証

上述「3. 次世代型公共交通システムに必要なインフラ整備」にて整備したインフラについて、実証実験に問題がないか事前に検証するため、埋設された磁気マーカーについて正確な位置情報（緯度経度データ）を取得し、詳細設計図へ反映し、実験参加者へ提供した。



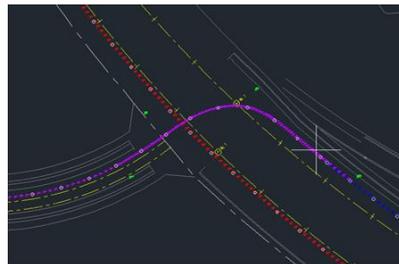
現地測量

トータルステーションで磁気マーカー埋設位置を測量する。



詳細設計図反映

図面に測量箇所を反映し、緯度経度座標データを整理し、実験参加者に提供



磁気マーカー埋設位置情報一覧表									
1区画									
区画番号	区画名称	区画形状	区画面積	区画容積	区画容積率	区画容積率	区画容積率	区画容積率	区画容積率
1	区画1	区画1	区画1	区画1	区画1	区画1	区画1	区画1	区画1
2	区画2	区画2	区画2	区画2	区画2	区画2	区画2	区画2	区画2
3	区画3	区画3	区画3	区画3	区画3	区画3	区画3	区画3	区画3
4	区画4	区画4	区画4	区画4	区画4	区画4	区画4	区画4	区画4
5	区画5	区画5	区画5	区画5	区画5	区画5	区画5	区画5	区画5
6	区画6	区画6	区画6	区画6	区画6	区画6	区画6	区画6	区画6
7	区画7	区画7	区画7	区画7	区画7	区画7	区画7	区画7	区画7
8	区画8	区画8	区画8	区画8	区画8	区画8	区画8	区画8	区画8
9	区画9	区画9	区画9	区画9	区画9	区画9	区画9	区画9	区画9
10	区画10	区画10	区画10	区画10	区画10	区画10	区画10	区画10	区画10
11	区画11	区画11	区画11	区画11	区画11	区画11	区画11	区画11	区画11
12	区画12	区画12	区画12	区画12	区画12	区画12	区画12	区画12	区画12
13	区画13	区画13	区画13	区画13	区画13	区画13	区画13	区画13	区画13
14	区画14	区画14	区画14	区画14	区画14	区画14	区画14	区画14	区画14
15	区画15	区画15	区画15	区画15	区画15	区画15	区画15	区画15	区画15
16	区画16	区画16	区画16	区画16	区画16	区画16	区画16	区画16	区画16
17	区画17	区画17	区画17	区画17	区画17	区画17	区画17	区画17	区画17
18	区画18	区画18	区画18	区画18	区画18	区画18	区画18	区画18	区画18
19	区画19	区画19	区画19	区画19	区画19	区画19	区画19	区画19	区画19
20	区画20	区画20	区画20	区画20	区画20	区画20	区画20	区画20	区画20
21	区画21	区画21	区画21	区画21	区画21	区画21	区画21	区画21	区画21
22	区画22	区画22	区画22	区画22	区画22	区画22	区画22	区画22	区画22
23	区画23	区画23	区画23	区画23	区画23	区画23	区画23	区画23	区画23
24	区画24	区画24	区画24	区画24	区画24	区画24	区画24	区画24	区画24
25	区画25	区画25	区画25	区画25	区画25	区画25	区画25	区画25	区画25
26	区画26	区画26	区画26	区画26	区画26	区画26	区画26	区画26	区画26
27	区画27	区画27	区画27	区画27	区画27	区画27	区画27	区画27	区画27
28	区画28	区画28	区画28	区画28	区画28	区画28	区画28	区画28	区画28
29	区画29	区画29	区画29	区画29	区画29	区画29	区画29	区画29	区画29
30	区画30	区画30	区画30	区画30	区画30	区画30	区画30	区画30	区画30
31	区画31	区画31	区画31	区画31	区画31	区画31	区画31	区画31	区画31
32	区画32	区画32	区画32	区画32	区画32	区画32	区画32	区画32	区画32
33	区画33	区画33	区画33	区画33	区画33	区画33	区画33	区画33	区画33
34	区画34	区画34	区画34	区画34	区画34	区画34	区画34	区画34	区画34
35	区画35	区画35	区画35	区画35	区画35	区画35	区画35	区画35	区画35
36	区画36	区画36	区画36	区画36	区画36	区画36	区画36	区画36	区画36
37	区画37	区画37	区画37	区画37	区画37	区画37	区画37	区画37	区画37
38	区画38	区画38	区画38	区画38	区画38	区画38	区画38	区画38	区画38
39	区画39	区画39	区画39	区画39	区画39	区画39	区画39	区画39	区画39
40	区画40	区画40	区画40	区画40	区画40	区画40	区画40	区画40	区画40
41	区画41	区画41	区画41	区画41	区画41	区画41	区画41	区画41	区画41
42	区画42	区画42	区画42	区画42	区画42	区画42	区画42	区画42	区画42
43	区画43	区画43	区画43	区画43	区画43	区画43	区画43	区画43	区画43
44	区画44	区画44	区画44	区画44	区画44	区画44	区画44	区画44	区画44
45	区画45	区画45	区画45	区画45	区画45	区画45	区画45	区画45	区画45
46	区画46	区画46	区画46	区画46	区画46	区画46	区画46	区画46	区画46
47	区画47	区画47	区画47	区画47	区画47	区画47	区画47	区画47	区画47
48	区画48	区画48	区画48	区画48	区画48	区画48	区画48	区画48	区画48
49	区画49	区画49	区画49	区画49	区画49	区画49	区画49	区画49	区画49
50	区画50	区画50	区画50	区画50	区画50	区画50	区画50	区画50	区画50

事前検証については、2020年5月までに完了した。

5. インフラの維持・管理

上述「3. 次世代型公共交通システムに必要なインフラ整備」にて整備したインフラについて、定期的な点検と管理を行った。実証実験終了まで維持・管理を行った後、原状回復する。

表 12 維持管理実施記録

No.	実施日	実施項目	点検結果
第1回	2019年12月23日	磁気マーカー設置状態	破損無し
第2回	2020年3月31日	磁気マーカー設置状態	破損無し
		バスレーン設置状態	破損無し
		バス停設置状態	破損無し
第3回	2020年6月21日	磁気マーカー設置状態	破損無し
		バスレーン設置状態	破損無し
		バス停設置状態	破損無し
第4回	2020年9月13日	磁気マーカー設置状態	破損無し
		バスレーン設置状態	破損無し
		バス停設置状態	破損無し
第5回	2020年12月1日	磁気マーカー設置状態	破損無し
		バスレーン設置状態	破損無し
		バス停設置状態	破損無し

5.1 磁気マーカーの維持・管理

磁気マーカーの状態について目視点検（3ヶ月に一回）を行う。必要であれば道路管理者等との協議の上、簡易な補修を行う。また、磁気マーカーの性能維持状況については、実験参加車両サイドから情報を受領するものとする。再施工等が必要となった場合は関係者と協議の上、対応を検討する。

磁気マーカーについて、点検の結果、破損等の状況は見られなかった。

5.2 専用レーンの維持・管理

専用レーンはカラー舗装であるため、カラー色の損傷を目視点検（3ヶ月に一回）する。必要であれば実験実施主体、道路管理者等との協議の上、簡易な補修を行う。

専用レーンについて、点検の結果、破損等の状況は見られなかった。

5.3 仮設バス停の維持・管理

仮設バス停の目視点検（3ヶ月に一回）を行う。必要であれば実験実施主体、道路管理者等との協議の上、簡易な補修を行う。

仮設バス停について、点検の結果、破損等の状況は見られなかった。

6. 整備したインフラの撤去

上述「3. 次世代型公共交通システムに必要なインフラ整備」にて整備したインフラについて、実証実験終了後、原状復旧を行う。

原状復旧水準、原状復旧方法等においては、関係者と協議の上、最終的に決定する。

撤去対象となるインフラについて、以下図の通り。



図 26 インフラ撤去対象

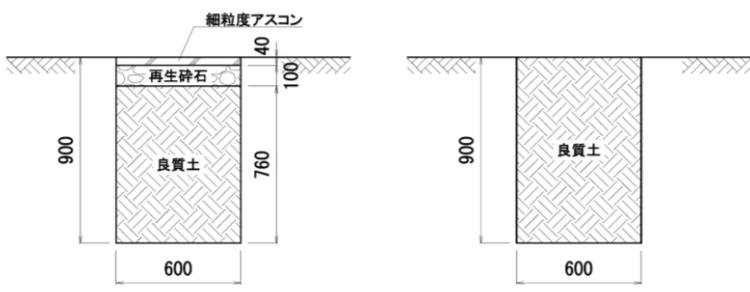
本項のスケジュールについて、以下黄色箇所のとおり。

表 13 スケジュール表

項目	2019年												2020年												2021年										
	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月											
磁気マーカー (区間①~⑪)	<ul style="list-style-type: none"> 仕様調整(磁気マーカー設置間隔等を調整) 施工調整(道路管理者・交通管理者との調整、申請等) 						<ul style="list-style-type: none"> 施工調整(道路管理者・交通管理者・第1ゾーン管理者等との調整、申請等) 磁気マーカー施工(2019年9月から順次施工) 						<ul style="list-style-type: none"> 第1ゾーン磁気マーカー撤去(調整含む) 		<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去に係る施工調整 各種申請 		<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去 撤去完了に係る道路管理者との調整 																		
<ul style="list-style-type: none"> インフラ維持管理 																																			
バス専用レーン (区間③④⑥⑦⑧)	<ul style="list-style-type: none"> 仕様調整(カラー舗装の範囲、位置等を検討し、交通管理者と調整) 工程調整(警視庁設置の規制標識等との工程調整) 						<ul style="list-style-type: none"> 施工調整(道路管理者・交通管理者との調整、申請等) バス専用レーン施工(3月施工) 						<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去に係る施工調整 各種申請 																						
<ul style="list-style-type: none"> インフラ維持管理 																																			
仮設バス停 (区間⑤⑪)	<ul style="list-style-type: none"> 仕様調整(仮設バス停の設置位置、材料等を検討し、実験参加者や道路管理者と調整) 						<ul style="list-style-type: none"> 施工調整(道路管理者・交通管理者・第1ゾーン管理者等との調整、申請等) 第3ターミナルバス停設置(3月5月施工) 						<ul style="list-style-type: none"> 第1ゾーンバス停撤去(調整含む) 		<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去に係る施工調整 各種申請 		<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去 撤去完了に係る道路管理者との調整 																		
<ul style="list-style-type: none"> バス停付帯施設に関して、実験参加者からの意見により調整施工 																																			
<ul style="list-style-type: none"> インフラ維持管理 																																			
周知用案内看板 (区間②⑥⑧)	<ul style="list-style-type: none"> 仕様調整(周知用案内看板のレイアウトや設置位置等を検討し、交通管理者などと調整) 						<ul style="list-style-type: none"> 施工調整(道路管理者・交通管理者との調整、申請等) 周知用案内看板(3月施工) 						<ul style="list-style-type: none"> インフラの撤去に係る施工調整 各種申請 																						
<ul style="list-style-type: none"> インフラ維持管理 																																			

なお、原状復旧水準、原状復旧方法等における、関係者との調整については以下の通り。

表 14 インフラ撤去調整

撤去物件	項目	調整結果
磁気マーカー	原状復旧方法	磁気マーカーのみコア抜きで撤去する方式もあったが、専用レーンと同時に撤去することや、撤去工事工程、撤去費用などを考慮し、1車線全面切削オーバーレイ（以下、OLという）を行うこととした。
	原状復旧水準	1車線全面切削 OL により、撤去されてしまう既存の区間線やエスコートゾーン、滑り止め舗装などについても、復旧を行う。
バス専用レーン	原状復旧方法	1車線全面切削 OL を行うことで、磁気マーカーと同時に撤去をする。ただし、規制標示については、早期にバス専用レーンの効力を停止させるため、先だってウォータージェットで削り取りを行う。
周知用案内看板	原状復旧方法	<p>航空局管理道路に設置した周知用案内看板には、基礎コンクリートを破砕撤去し、以下のいずれかの方法で埋め戻しを行う。</p>  <p>また、大田区道に設置した周知用案内看板については、既存の標識柱に共架しているため、取り外しのみ実施。</p>
規制標識	原状復旧方法	バス専用レーンの効力を停止させるため標識パネルの取り外しのみ先だって実施し、残りの標識柱の撤去について、基礎コンクリートの破砕撤去や支柱撤去を行う。
仮設バス停	原状復旧方法	<p>第3ターミナルに設置した仮設バス停については、バス停の撤去と合わせ、ゼブラ帯やポストコーンの復旧も合わせて行う。</p> <p>第1ゾーンに設置した仮設バス停については、第1ゾーン仮舗装と一体化しているものであるため、仮舗装と合わせて撤去を行う。</p>
第1ゾーン仮舗装	原状復旧水準	仮舗装の路盤までの撤去を行う。

インフラ撤去状況について、施工時の写真を以下に示す。

<p>全面切削 OL 作業状況 (磁気マーカー・バス専用レーン撤去)</p>	<p>全面切削 OL 作業状況 (磁気マーカー・バス専用レーン撤去)</p>
	
<p>全面切削 OL 作業状況 (磁気マーカー・バス専用レーン撤去)</p>	
	

なお、インフラの撤去後の状況については、以下の通り

磁気マーカー撤去（第3ターミナル前）



磁気マーカー撤去（環八第3ターミナル入口）



磁気マーカー撤去（大田区道）



磁気マーカー撤去（羽田二丁目西交差点）



磁気マーカー・バス専用レーン撤去（環八道路）



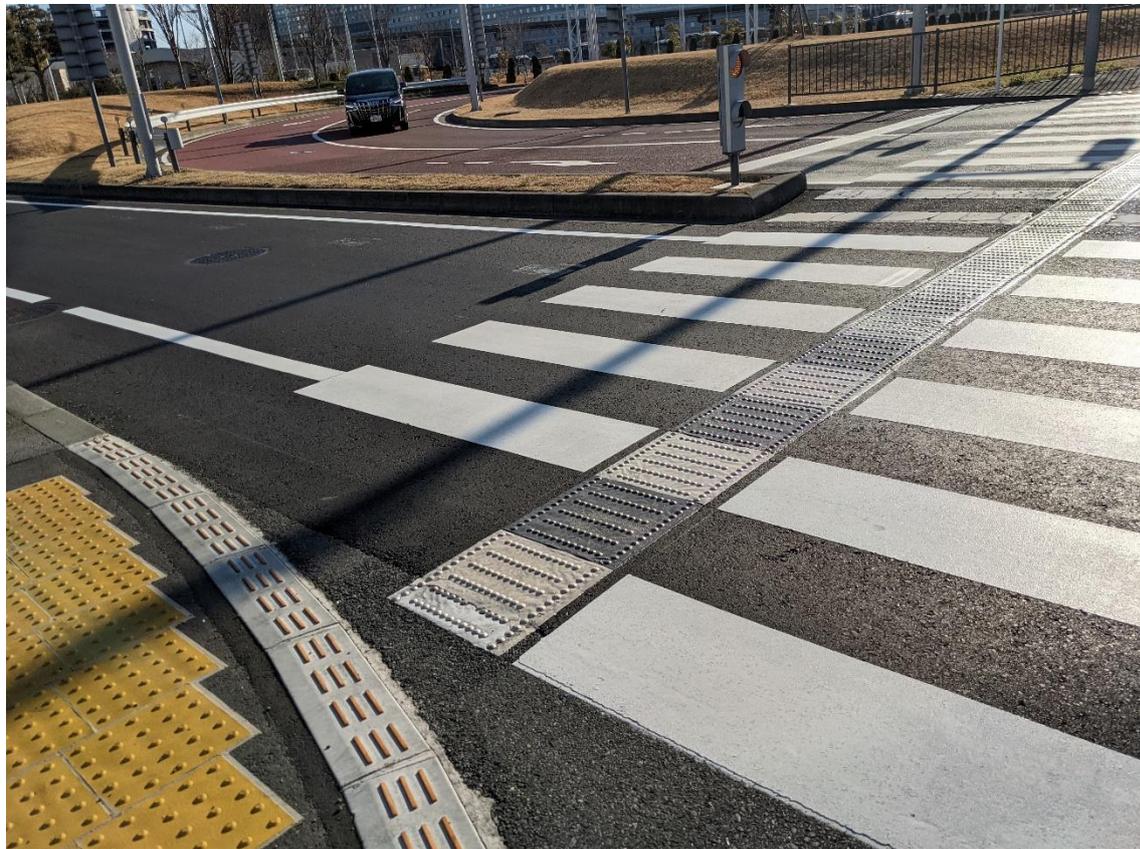
磁気マーカー・バス専用レーン撤去（空港アクセス道路）



第3ターミナルプラットフォーム撤去



エスコートゾーン (第3ターミナル入口交差点)



周知用案内看板撤去（大田区道）



周知用案内看板撤去（環八道路）



7. ステークホルダーとの調整

上述の研究開発を行うにあたり、交通管理者・道路管理者等とのステークホルダーとの調整を行う。

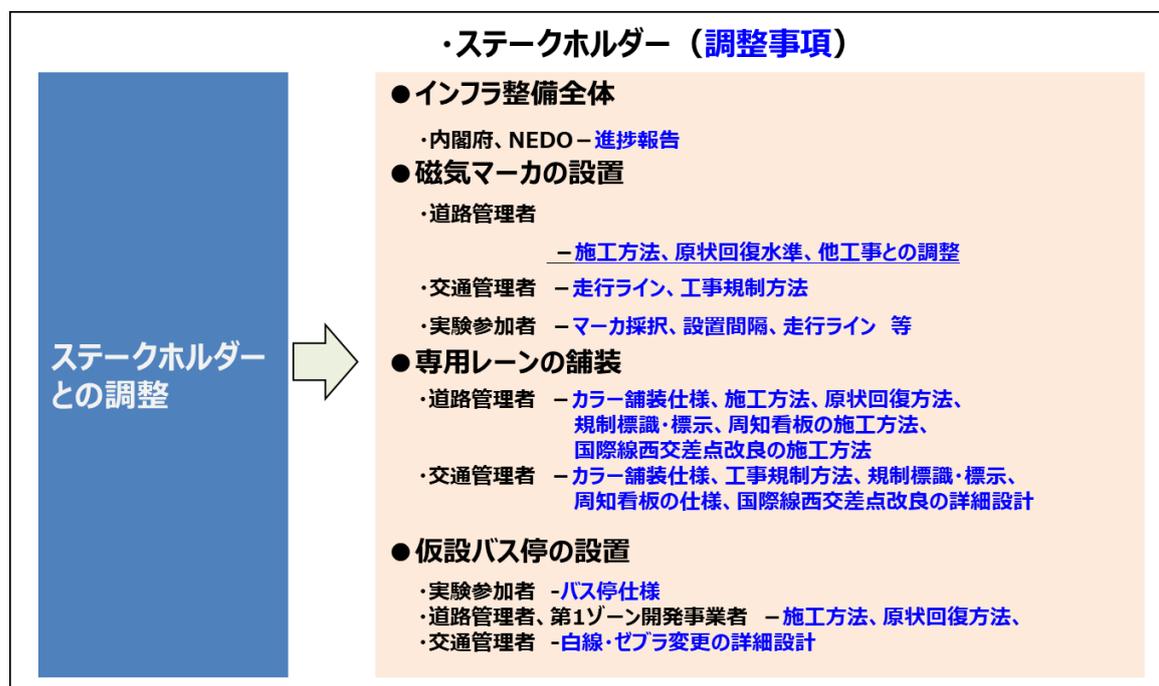


図 27 ステークホルダーとの調整事項例

本業務においては、インフラを整備・撤去するため以下のとおり、ステークホルダーとの調整を行った。

①磁気マーカーの整備

- ・詳細設計（実験参加者、道路管理者、交通管理者）
- ・施工方法（道路管理者、交通管理者、第1ゾーン開発事業者）
- ・各種申請（道路管理者）
- ・撤去方法（道路管理者、第1ゾーン開発事業者）

②専用レーンの舗装

- ・詳細設計（道路管理者、交通管理者）
- ・周知用案内看板の詳細設計（交通管理者）
- ・国際線西交差点右折レーン延伸（道路管理者、交通管理者）
- ・施工方法（道路管理者、交通管理者）
- ・各種申請（道路管理者）
- ・撤去方法（道路管理者、第1ゾーン開発事業者）

③仮設バス停の設置

- ・詳細設計（実験参加者、道路管理者、交通管理者、第1ゾーン開発事業者）
- ・施工方法（道路管理者、交通管理者、第1ゾーン開発事業者）
- ・各種申請（道路管理者）
- ・撤去方法（道路管理者、第1ゾーン開発事業者）

④第1ゾーンの仮舗装

- ・詳細設計（実験参加者、第1ゾーン開発事業者）
- ・施工方法（第1ゾーン開発事業者）
- ・各種申請（第1ゾーン開発事業者）
- ・撤去方法（第1ゾーン開発事業者）

⑤整備したインフラの撤去

- ・詳細設計（実験参加者、道路管理者、交通管理者）
- ・施工方法（道路管理者、交通管理者、第1ゾーン開発事業者）
- ・各種申請（道路管理者）
- ・撤去方法（道路管理者、第1ゾーン開発事業者）

なお、インフラ設置・撤去施工時に、道路維持管理等の工事との施工調整を、関東地方整備局やガス会社等と行った。

※道路管理者：大田区、東京航空局東京空港事務所

※交通管理者：警察庁、警視庁、東京空港警察署

また、各種申請の内、道路管理者に申請をしたものについて、以下にまとめる。

表 15 申請関係

道路管理者	申請の内容	備考
東京空港事務所	国有財産使用申請	航空局管理道路に設置した磁気マーカー、バス専用レーン、プラットフォーム、周知用案内看板を設置する際に、国有財産を使用するため NEDO より申請（使用料が必要、許可までに 3 か月程度必要）
	空港管理規則第 7 条申請（工事申請）	航空局管理道路に設置した磁気マーカー、バス専用レーン、プラットフォーム、周知用案内看板を設置するため工事をする際に NEDO より申請
	空港管理規則第 8 条但し書き届出	航空局管理道路に仮設ガードレール設置・移設、防護縁石設置、路面標示（ゼブラ帯等）設置・撤去をする際に NEDO より届出
	空港管理規則第 8 条申請（撤去工事申請）	航空局管理道路に設置したインフラを撤去する際に NEDO より申請
大田区	協力依頼	大田区道に磁気マーカーを設置する際に、内閣府より提出
	道路占用許可申請	大田区道に周知用案内看板を設置する際に、NIPPO より申請
	道路工事施工承認申請	大田区道に設置したインフラを撤去する際に NIPPO より申請
UR	施工者管理地一時使用許可申請	UR 管理道路に磁気マーカーを設置する際に、UR 管理地を使用するため申請
	承認工事申請	UR が実施する土地区画整理事業実施区域内で工事をする際に申請

8. インフラ整備における課題点

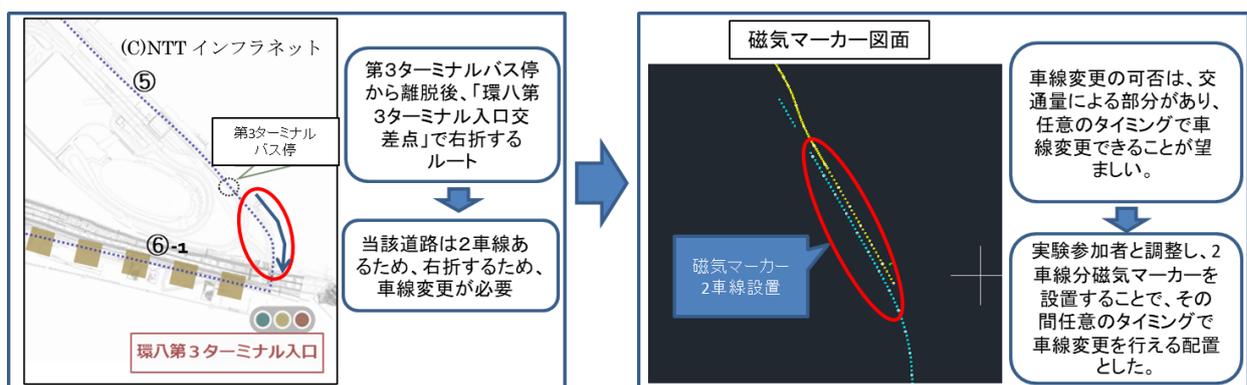
本業務にて、インフラの整備を実施し、維持管理、撤去を実施した。

本業務を通して、認識している課題点について以下に示す。

(1) インフラ設計段階

表 16 インフラ設計段階

項目	課題事項	本業務での対応
1 磁気マーカー	「第3ターミナルバス停」～「環八第3ターミナル入口」までの間で、車線変更が必要（図 28 参照）	車両側の任意のタイミングで車線変更がしやすくするため、磁気マーカーを2車線分設置することとした。
2 仮設バス停	自動運転バスはバス停正着制御時には、数ミリ単位でバス停に近接することから、バス停に接触した際の破損防止対策が必要（図 29 参照）	実験参加者と調整し、第3ターミナルバス停前面に「隙間モール」「車輪ガード」を設置することとした。



(2) インフラ整備調整段階

表 17 インフラ整備調整段階

	項目	課題事項	本業務での対応
1	磁気マーカー	磁気マーカー施工後に、道路維持管理工事（水道ガス電気等）が当たってしまうと、磁気マーカーが撤去されてしまうことがある。	事前にインフラ整備について周知し、磁気マーカー設置後に維持管理工事がされないよう調整を図った。
2	磁気マーカー	公道上になんらか物を設置する際には、道路法に基づく占有や道路付属物などとして設置することが多いが、磁気マーカーは道路法に規定されていなかったため、設置に係る手続きが課題であった。	国有財産使用申請等により、磁気マーカーの埋設を行った。

(3) インフラ施工段階

表 18 インフラ施工段階

	項目	課題事項	本業務での対応
1	磁気マーカー	磁気マーカー埋設位置にマンホール等があった場合の対応 (図 30 参照)	<p>マンホール位置に当たった場合は、その位置の磁気マーカーはスキップした。(2 m 間隔で埋設していた場合は、一時的に 4 m 間隔となる。)</p> <p>なお、当該箇所について、車両メーカーからは意見等はなく、事故等無く実験は完了した。</p>
2	磁気マーカー	施工の都合で、連続して設置できない場合、施工のつなぎ目で 2 m 間隔(2 m 間隔時) より広い間隔となってしまう場合がある。(図 31 参照)	<p>2～4 m の範囲で設置を行った。(1 m 間隔の場合は 1～2 m の範囲で設置)</p> <p>→実験参加者より、「カーブ部で施工のつなぎ目が出来てしまうと制御がむずかしくなる」との意見があったため、施工のつなぎ目は直線部で行うことが望ましい。</p>
3	磁気マーカー	交差点で、磁気マーカーが交錯する箇所の対応 (図 32 参照)	磁気マーカー同士の距離が 1 m 以内にある場合は、片方を撤去した。
4	磁気マーカー	磁気マーカー埋設位置について、人間が実際の車両を運転し、その車両より食紅を滴下 (マーキング) する「食紅方式」を採用したが、人間の力量以上の制御が要求されるバス停止着制御箇所の対応	バス停止着制御箇所については、車両の軌跡から磁気マーカー埋設位置を図面化し、設置位置を測量しながら設置する「逆打ち方式」を採用した。

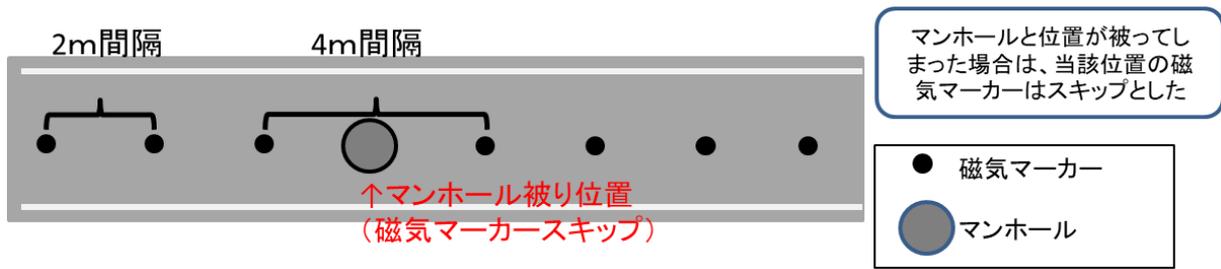
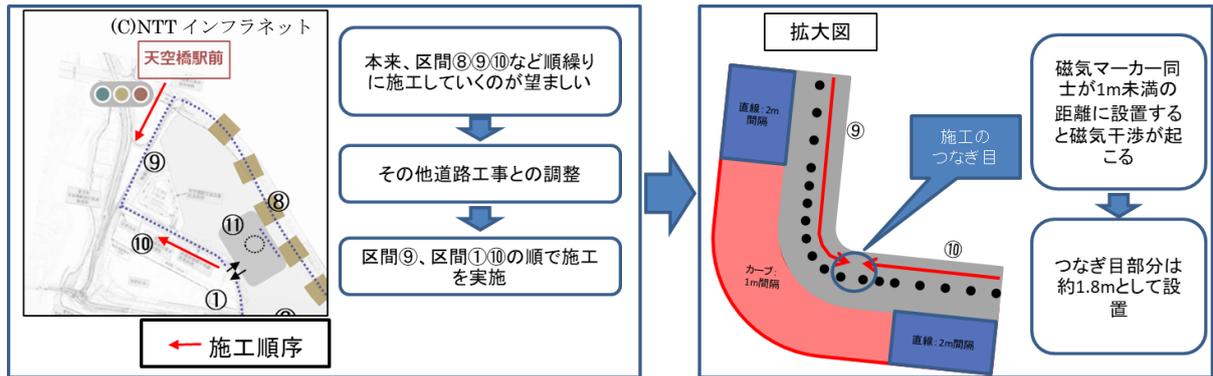


図 30 (3) - 1 マンホールがあった場合の対応



⇒実験参加者より「カーブ部で施工のつなぎ目が出来てしまうと制御がむずかしくなる」との意見
⇒施工のつなぎ目は、カーブ部ではなく直線部で行うことが望ましい。

図 31 (3) - 2 施工のつなぎ目について

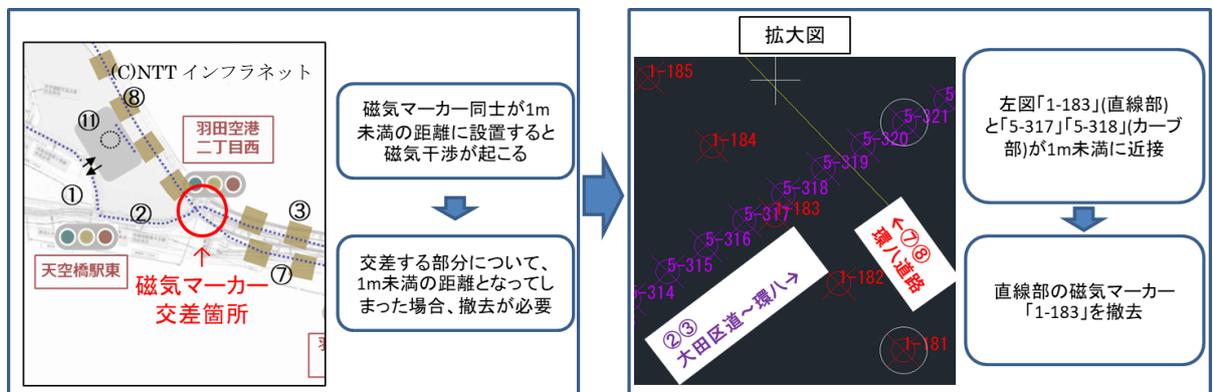


図 32 (3) - 3 磁気マーカーが交差する箇所について

(4) インフラ維持管理段階

表 19 インフラ維持管理段階

項目	課題事項	本業務での対応
1 磁気マーカー	交通量の多い環八道路の交差点では、大型車のタイヤ旋回による磁気マーカーに損傷や剥がれが懸念された。	磁気マーカー設置後、約1年経過後、特に磁気マーカーに変状はなく、その間の維持管理も必要なかった。

結び（総括及び結論）

東京臨海部実証実験において、インフラ協調型の高度な自動運転を早期に実用化することを目的とした実証実験を実施するため、必要となる実験環境（インフラ）の整備を行ったのち、実験期間中の維持管理を行った。実験終了後は滞りなくインフラの撤去、原状復旧を実施した。

本研究が始まった時点において、大型バスの自動運転実証実験のためにインフラを整備し、長期間にわたって運用する事例は、国内ではまだ非常に少ない状態であった。

特に磁気マーカーは、現在では道路法にて自動運行補助施設のひとつとして位置づけられているが、本研究の開始時点では法的位置づけが明確でない中で、それぞれの道路・施設管理者との多くの調整を行った上で、ご理解を頂いて整備したものである。先般、道路法にて自動運行補助施設が位置づけられたことにより、今後自動運行補助施設を用いた自動運転インフラが普及していくと思われる。

また磁気マーカー・仮設バス停・バス専用レーンについては、同様の事例が乏しく知見も少ない中で、道路・施設管理者と調整の上、自動運転車両が円滑に実験を実施できるよう位置・形状などの検討を行った上で、設計・施工を行った。羽田空港地区では、手動運転の車両や普通車サイズの自動運転車とは異なる点が数多くあり、これらを踏まえた整備ができたと考えている。

整備の途中段階で新型コロナウイルス感染症による影響による計画変更などもあったが、概ね予定通り整備を終えた。実験期間についても、本来予定されていた一般の乗客を招いての実験も中止となり、実証実験自体も縮小となってしまったものの、インフラに起因する大きなトラブルもなく、無事に実験を終了することができた。

この実験期間中の維持管理および、実験終了後の撤去・原状復帰についても無事に終えることができた。実験期間中、整備したインフラについての課題点が実験参加者より報告された箇所もあり、今後同様の整備を行う場合の重要な知見となった。

本研究で得た知見が、今後全国において実施する自動運転の実証実験、または社会実装を行う場合において、有効なものとなることを望む。

