

2020 年度中間報告書

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）

**BRT（Bus Rapid Transit）への自動運転に
よる正着制御技術等の導入に向けた調査**

報告書

2021 年 3 月

一般財団法人 計量計画研究所

「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、一般財団法人計量計画研究所が実施した「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）／BRT（Bus Rapid Transit）への自動運転による正着制御技術等の導入に向けた調査」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>

1. 調査概要.....	1-1
1.1 調査目的	1-1
1.2 調査概要	1-2
1.3 検討内容	1-3
1.3.1 誘導線式正着制御の技術的課題検証.....	1-3
1.3.2 誘導線式正着制御技術の社会的効果の検証	1-3
2. 2020年度における実施内容.....	2-4
2.1 検証項目	2-4
2.2 検証の実施場所.....	2-5
3. 検証結果.....	3-7
3.1 誘導線式正着制御の技術的課題検証	3-7
3.1.1 システム使用条件の明確化.....	3-7
3.1.2 誘導線耐久性確認.....	3-11
3.2 誘導線式正着制御技術の社会的効果の検証.....	3-13
3.2.1 正着によるバリアフリー化効果の検証	3-13
3.2.2 正着による乗降時の時間短縮効果	3-31
3.2.3 乗降時・降車時の転倒防止効果検証.....	3-34
3.2.4 停車・発進時の転倒防止効果検証	3-34
4. まとめ	4-35

1. 調査概要

1.1 調査目的

高齢者やその他の交通制約者にも利用しやすい次世代都市交通システム「ART (Advanced Rapid Transit)」の技術要素の一つである正着制御技術のうち、路面上に設置した誘導線に追従する手法については、2018年度に誘導線式正着制御の意味や役割についての正しい理解醸成や、実環境における様々な外的要因に対する技術検証等が行われた。

現時点で、以下の課題が残されており、誘導線式正着制御システムの BRT 等への社会実装に関する採否が未決定である。

- ①誘導線の耐久性、メンテナンス頻度や手法が不明
- ②天候（降雨、降雪）や夜間におけるシステムのロバスト性が未確認
- ③システムの社会的効果の検討、社会的意義、課題が未整理
- ④誘導線の施工・管理主体（道路管理者・事業者）が未調整
- ⑤システム異常発生時の対応、責任の所在が不明確
- ⑥導入の採否が未決定のため、公道のバス停区間への誘導線設置可否に関する関係者調整が未実施

本調査では、これまでの研究開発成果を踏まえ、誘導線式正着制御の BRT (Bus Rapid Transit) への早期社会実装に向けて、東京 BRT のプレ運行期間に、技術的課題（①誘導線の耐久性、メンテナンス頻度や手法、②天候（降雨、降雪）や夜間におけるシステムのロバスト性の確認）や社会的効果（③システムの社会的効果の検討、社会的意義、課題）を検証することを目的とする。

1.2 調査概要

(1)業務名：「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）／BRT(Bus Rapid Transit)への自動運転による正着制御技術等の導入に向けた調査」

(2)工期：2020年2月28日～2021年12月28日

(3)受託者：一般財団法人 計量計画研究所

(4)業務項目：

- ①誘導線式正着制御の技術的課題検証
 - i .システム使用条件の明確化
 - ii .誘導線耐久性確認
- ②誘導線式正着制御技術の社会的効果の検証
 - i .正着によるバリアフリー化効果の検証
 - ii .正着による乗降時の時間短縮効果
 - iii .乗降時・降車時の転倒防止効果検証
 - iv .停車・発進時の転倒防止効果検証

1.3 検討内容

1.3.1 誘導線式正着制御の技術的課題検証

(1) システム使用条件の明確化

- ・夜間、雨天、降雪時などにおけるシステム使用条件（照度、雨量、降雪）の関係を把握する。

(2) 誘導線耐久性確認

- ・誘導線の塗装の状況とシステムの誘導線の認識状況を把握し、誘導線の劣化状況や既存の調査結果等を踏まえ、メンテナンス頻度を整理する。

1.3.2 誘導線式正着制御技術の社会的効果の検証

(1) 正着によるバリアフリー化効果の検証

- ・利用者へのアンケート調査や運転者へのヒアリングにより、具体的な効果を把握する。

(2) 正着による乗降時の時間短縮効果

- ・正着による時間短縮等の個別効果（1人1人で得られる効果）と、路線全体の効果を把握する。

(3) 乗降時・降車時の転倒防止効果検証

- ・乗降時の利用者のつまずき状況を正着有無別に把握し、乗降時の転倒防止効果を把握する。

(4) 停車・発進時の転倒防止効果検証

- ・バスの停車・発進時の車両の揺れ（操舵角や加減速）と乗客への影響を正着有無別に把握し、停車・発進時の転倒防止効果を把握する。

2. 2020 年度における実施内容

2.1 検証項目

1.3 で示した検討内容のうち、2020 年においては、下表のとおり検証を実施している（○をつけた項目）。

表 1 2020 年における検討状況

分類	検証項目	検証状況
(1) 技術的 課題検証	①システム使用条件の 明確化	○夕方、降雪のシステム使用条件は検証 ・ <u>降雨時の使用条件は未検証</u>
	②誘導線耐久性確認	○設置後の誘導線の劣化状況を把握（画像） ・ <u>今後、時系列的な変化を把握するため、劣化状況を2回程度確認</u> ○グランシャルシートを用いた誘導線劣化時の誘導線の認識テストの実施
(2) 社会的 効果検証	①正着による バリアフリー化 効果の検証	○(2)②のモニター25名に対し、アンケート調査を実施（最終目標150名） ○運転手5名にヒアリング調査を実施（目標20名） ・ <u>今後、追加でモニターを募集し、アンケート調査のサンプルを増やす</u>
	②正着による乗降時の 時間短縮効果	○モニター募集し、属性別乗降時間を計測 ・ <u>効果の総量を把握するためのBRT利用者数を計測</u>
	③乗降時・降車時の 転倒防止効果検証	○乗降時の転倒状況のサンプルをカメラで観測 ・ <u>カメラで観測した結果から、乗降者別転倒者数を計測</u>
	④停車・発進時の 転倒防止効果検証	○停車・発進時の転倒状況のサンプルをカメラで観測 ・ <u>カメラで観測した結果から、乗降者別転倒者数を計測</u>

2.2 検証の実施場所

2020年11月17日～22日の6日間、正着用システムを装着したバスを貸切り、東京BRTの晴海BRTターミナルのサブバースを使用して、検証可能な項目を対象とした実証実験を実施し、2.1で示した項目の検証を行った。

サブバースは、正着時の乗降用の嵩上げがないため、正着後、車いすで乗り降りできるように、嵩上げ用の可搬型の乗降台を設置した。



図 1 東京 BRT 路線図（1次プレ運行）



図 2 晴海 BRT ターミナルのバスバース（左：メインバース、右：サブバース）



図 3 晴海 BRT ターミナルのサブバースに設置した可搬型乗降台

3. 検証結果

3.1 誘導線式正着制御の技術的課題検証

3.1.1 システム使用条件の明確化

(1) 検証概要

夜間、雨天・荒天時、降雪時における正着カメラによる誘導線の認識状況を観測し、システム使用条件の明確化を行う。想定する条件は、夜間、雨天・荒天時、降雪時を想定する。

観測は、バス停へ正着した際の正着カメラによる誘導線の認識状況(認識有無)と、正着した際の条件(1) 夜間、2) 雨天・荒天、3) 降雪等を想定)を計測することで、各条件での誘導線装置のエラー率やシステム使用条件の閾値を明確化する。具体的な検証方法は、以下の1)～3)に示す。

1) 夜間

夕刻の時間、正着カメラが誘導線を認識しなくなるまで、正着を繰り返し行い、正着時のバス停付近の照度と、システム認識状況を観察により把握する。この結果から、日中と夕・夜における照度と誘導線認識可否の関係(認識可能な照度)を把握する。

2) 雨天・荒天時

雨天・荒天時の検証は、プレ運行期間中の雨天時に実施する。調査は、雨が予報される日の朝から夕方まで対象車両がバス停に到着・正着するごとに、バス停付近の照度、雨量と、システム認識状況を観察により把握する。雨量の影響を把握するため、可能な限り、雨量が多い、雨量が少ない状態を含む雨量別の誘導線認識状況が異なるサンプルを収集する。この結果から、降雨時の降雨量と誘導線可否の関係(認識可能な降雨量)を把握する。

3) 降雪時

降雪時の検証は、調査期間中に降雪は期待できないため、仮想的な状況を設定して実施する。具体的には、スノーパウダーを誘導線上にまいて、降雪の状況を仮想的に再現し、認識状況を把握する。計測に際しては、誘導線の見え方が異なる3段階程度の降雪状況を再現し、各段階の色の状態を色差計で計測しながら、誘導線認識状況について10サンプル程度を収集する。この結果から、色差計等による色差と誘導線可否の関係(認識可能な降雪量)を把握する。

表 2 システム使用条件の明確化のための検証概要

分類	計測項目	評価方法	備考
夜間	朝 or 昼、夕別 正着可否 照度、時間帯 太陽の角度、周辺の照明	観察による把握 照度計	1-2 週間程度 梅雨時期以外、朝から夕方
雨天・ 荒天時	晴天・雨天別 正着可否 照度、雨量	観測による把握 照度計、雨量計	梅雨時期、日中中心に計測
降雪時	降雪状態別 正着可否 照度、色差	観測による把握 照度計、色差計	日中を中心に計測

(2) 実証実験の実施結果

1) 夜間

実証実験期間中（2020年11月18日～21日の4日間）の日没前後に、正着カメラが誘導線を認識しなくなるまで、正着制御を繰り返し実施することで、夜間の正着カメラの使用条件を把握した。なお、何れの日も晴れており、路面は乾燥していた。

表 3 日没時のシステム使用条件の計測状況

	開始時刻	終了時刻	計測回数
11月18日	16:00	16:55	19回
11月19日	16:24	16:53	15回
11月20日	16:19	16:52	18回
11月21日	16:28	16:51	14回
合計			66回



図 4 照度の計測ポイント

計測結果は、下記のとおり。日の入り時刻の照度は、概ね 500lux 程度であり、誘導線の認識性能には問題はなかった。日没後の 16 時 50 分前後の照度が 30lux 程度になると誘導線を認識しなくなった。認識性能は、照度 30lux 程度と考えられる。ただし、営業時には安全を考慮し、日没までにシステムの使用を終えることが考えられる。

また、場所の違いが照度に与える影響も考えられるため、システムを導入する際には、システムを使用するバス停周辺の日没時の照度の確認、システムの認識性能などを確認して使用時間等を決定する必要がある。

表 4 日没時のシステム使用条件の計測結果

	日の入時刻	照度 (lux) (照明下)	計測時刻	照度 (lux)		計測時刻	照度 (lux)	
				誘導線認識			誘導線認識せず	
				照明下	照明中間		照明下	照明中間
11月18日	16:33	495	16:47	108	68	16:50	80	41
11月19日	16:33	534	16:49	76	35	16:51	78	19
11月20日	16:32	315	16:46	90	47	16:48	72	32
11月21日	16:32	480	16:48	66	34	16:51	59	26

2) 雨天

実験期間中等に雨天が発生しなかったため、今後、雨天時にシステムの使用条件を検証する。

3) 降雪

実験期間中に、スノーパウダーをまいて仮想的な降雪状況をつくり、降雪深別の正着用のカメラの誘導線認識有無を確認した。

降雪深は、計量カップでパウダーの量を計測し、所定の範囲にまくことで平均的な降雪深を把握した。降雪深は、0.025cm から 0.5cm までの 6 段階設定し、カメラが誘導線を認識する閾値を把握した。



図 5 スノーパウダーの設置イメージ

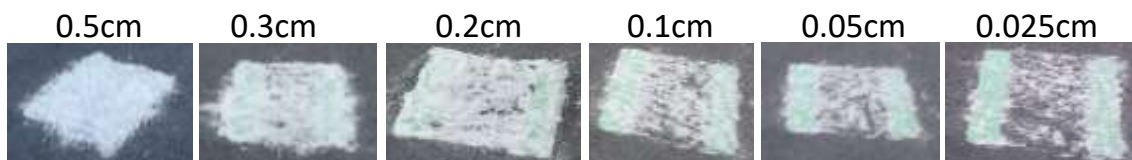


図 6 降雪深と誘導線の見え方

具体的には、各段階で 5 回正着を行い、正着できた回数は下記の通りである。

表 5 積雪深別誘導線の読み取り回数

降雪深	0.5cm	0.3cm	0.2cm	0.1cm	0.05cm	0.025cm
読み取り回数 (計測5回中)	0	0	0	0	0	2

0.025cm で 5 回中 2 回誘導線を認識したが、それ以上の降雪では読み取りできていない。この結果から、少量でも降雪が発生した場合はシステムが認識しない可能性が高いため、降雪時にはシステムの使用を行わないことが考えられる。

3.1.2 誘導線耐久性確認

(1) 検証概要

誘導線の耐久性を評価するため、一定間隔ごとに誘導線の劣化状況（剥離率）を計測（検証①）し、グランシヤルシートが認識しなくなる期間を把握する。このとき、一定程度塗料が剥離した誘導線を再現したグランシヤルシートを誘導線上に貼り、その際のカメラの認識状況を観測し、カメラが認識しなくなる剥離率の閾値を把握（検証②）する。

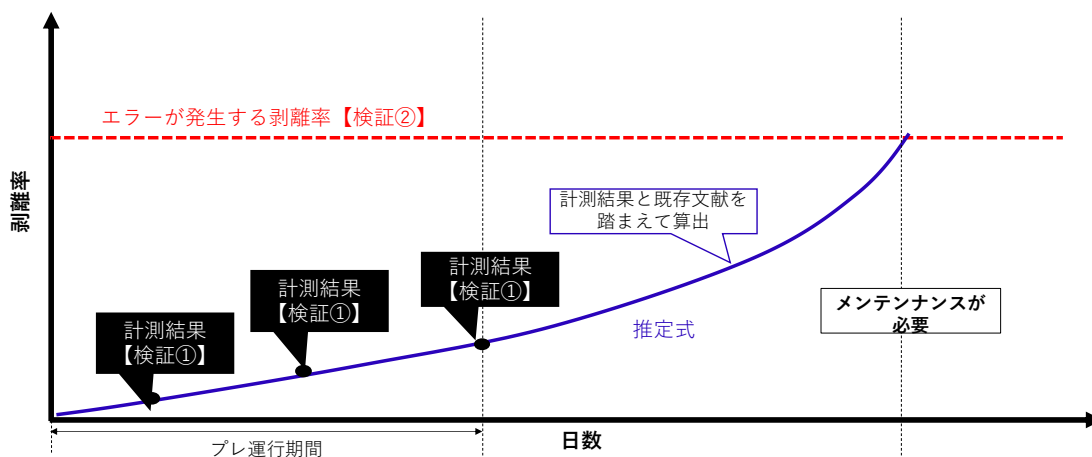


図 7 分析イメージ

(2) 実証実験の実施結果

1) 劣化状況の確認

2020年度は、2020年11月21日、2021年1月18日の2回計測を行った。今後、2~3回計測を行い、剥離率を指標として、経年劣化の状況を推計する。各剥離率は、劣化状況を全て計測した上で、画像解析ソフトにより行う。

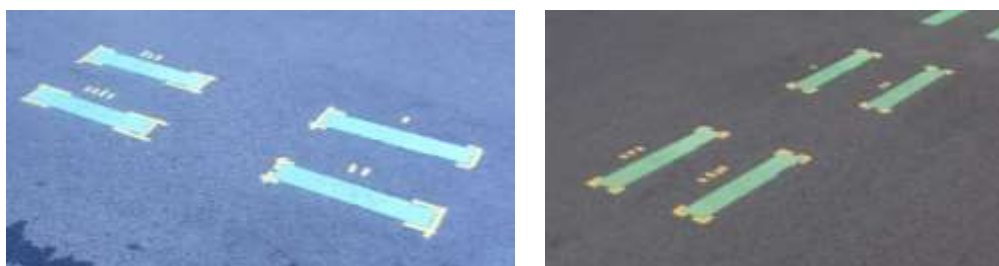


図 8 劣化状況の確認（左：2020年11月21日、右：2021年1月18日）

2) カメラの閾値の確認

誘導線の剥離状況を確認すると、角や端から塗装が欠けているものが多いため、劣化した際には、誘導線の周辺部が欠けるものと想定した。具体的には、以下の5段階の劣化状況を再現するためのグランシヤルシートを作成した。

剥離率の低い40%のグランシヤルシートから、3回ずつ正着制御を行い、正着が行われなくなる剥離率を確認した。

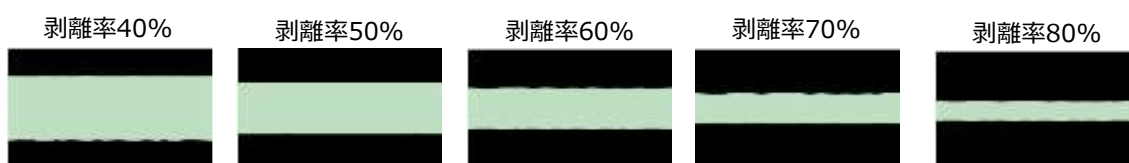


図 9 誘導線の劣化を再現したグランシヤルシートのイメージ

その結果、剥離率が60%となると正着制御を行わないことが確認された。剥離率50%を越えた場合は、メンテナンスを行うことが考えられる。

表 6 誘導線の劣化状況と正着制御の確認

		計測1回目	計測2回目	計測3回目
剥離率40%の グランシヤルシート (横欠け)	照度(lx)	7,500	7,100	7,000
	路面の乾湿	乾	乾	乾
	正着の有無	有	有	有
剥離率50%の グランシヤルシート (横欠け)	照度(lx)	7,200	7,000	7,000
	路面の乾湿	乾	乾	乾
	正着の有無	有	有	有
剥離率60%の グランシヤルシート (横欠け)	照度(lx)	7,800	7,800	7,600
	路面の乾湿	乾	乾	乾
	正着の有無	無	無	無

3.2 誘導線式正着制御技術の社会的効果の検証

3.2.1 正着によるバリアフリー化効果の検証

(1) 検証概要

2. で整理した実証実験期間中に、モニターに正着制御バスの乗車体験をしてもらい、アンケート調査を行った。またバスの運転手に対しアンケート調査を行い、バリアフリー化効果の検証を行う。

1) 利用者へのアンケート調査

正着制御によるバリアフリー化効果に対する利用者の意識についてアンケート調査を行う。具体的には、正着バスを貸切った状態で、募集したモニターに正着制御を体験してもらった後にアンケート調査を行う。

モニターは、一般（健常者）、高齢者、車いす利用者、ベビーカーユーザーなどの属性を考慮して募集して行う。最終的には、150 サンプル程度を目指して調査を実施するが、2020 年度においては、「3.2.2 正着による乗降時の時間短縮効果」で募集した 30 名のモニターを対象にアンケートを行った。

利用者へのアンケート調査の項目は、以下のとおりである。

表 7 利用者アンケート調査の項目（案）

分類	項目	備考
個人属性	性別、年齢階層別、職業 普段のバスの利用状況、東京 BRT の乗車回数	
正着時のバスの横揺れ、減速の滑らかさについて	停車時の横揺れ、停車時の減速の滑らかさ	自動正着、手動正着の場合と両者の比較
バス停での乗降のしやすさ	乗車時、降車時のバス停とバスの隙間、バス停とバスの段差	自動正着、手動正着の場合と両者の比較
自動正着技術の利用・普及の意向	自動正着が可能なバスの利用意向と理由 自動正着技術の普及に対する意向と理由 東京 BRT における自動正着の利用拡大について バスの自動正着に対する要望	
東京 BRT に必要と思うこと	東京 BRT の機能等で必要と思うこと (速達性、定時性、運行本数、輸送力等)	
自由意向	ご意見、ご要望、ご感想	

【参考：アンケート調査票】

調査者番号

バスの正着技術の導入に関するアンケート調査

1. あなたについて

1-1 性別・年齢・職業

あなたの性別、年齢、職業について当てはまるものに○をつけてください。

性別	1. 男性	2. 女性						
年齢	1. 10才未満	2. 10才代	3. 20才代	4. 30才代	5. 40才代			
	6. 50才代	7. 60才代	8. 70才代	9. 80才以上				
職業	1. 会社員	2. 公務員	3. 自営業	4. 会社役員	5. 自由業			
	6. 専業主婦(夫)	7. 学生	8. パート・アルバイト	9. 無職				

1-2 バスの利用状況

普段のあなたのバス（東京BRT以外のバスも含む）の利用状況、東京BRTの利用状況について当てはまるものに○をつけてください。

普段のバスの 利用状況	1. 1週間のほぼ毎日	2. 平日はほぼ毎日	3. 週に3～4日
	4. 週に1～2日	5. 土休日だけ	6. 1ヶ月に数日
	7. 年に数日	8. まったく利用しない	
	9. その他（以下の欄に、具体的に記入してください）		
	〔 <input type="text"/> 〕		
東京BRTの 乗車回数	1. 1週間のほぼ毎日	2. 平日はほぼ毎日	3. 週に3～4日
	4. 週に1～2日	5. 土休日だけ	6. 1ヶ月に数日
	7. 利用したことがない		
	8. その他（以下の欄に、具体的に記入してください）		
	〔 <input type="text"/> 〕		

2. バス停への停車時のバスの横揺れ・減速の滑らかさについて

東京BRTに乗りいただき、「通常の停車の場合」、「自動正着の場合」、「手動正着の場合」の3パターンの停車を体験いただきます。

体験いただいた後、以下の設問にお答えください。

2-1 自動正着の場合

バスが自動正着によってバス停に停車しているとき、あなたはバスの横揺れや減速の滑らかさについてどのように感じましたか？ 「通常の停車の場合」と比較して5段階評価でお答えください。

停車時のバスの横揺れ・減速の滑らかさ ※当てはまるもの1つに○	良い(快適) ← 変らない → 悪い(不快)				
停車時のバスの横揺れ	1	2	3	4	5
停車時の減速の滑らかさ	1	2	3	4	5

2-2 手動正着の場合

バスが手動正着によってバス停に停車しているとき、あなたはバスの横揺れや減速の滑らかさについてどのように感じましたか？ 「通常の停車の場合」と比較して5段階評価でお答えください。

停車時のバスの横揺れ・減速の滑らかさ ※当てはまるもの1つに○	良い(快適) ← 変らない → 悪い(不快)				
停車時のバスの横揺れ	1	2	3	4	5
停車時の減速の滑らかさ	1	2	3	4	5

2-3 自動正着、手動正着の比較

設問2-1、2-2で回答いただいたバスの横揺れや減速の滑らかさのうち、どちらが良かったかを5段階評価でお答えください。

停車時のバスの横揺れ・減速の滑らかさ ※当てはまるもの1つに○	自動制御の方が良い ← 変らない → 手動制御の方が良い				
停車時のバスの横揺れ	1	2	3	4	5
停車時の減速の滑らかさ	1	2	3	4	5

3. バス停での乗降のしやすさについて

バス停において、「通常の停車の場合」、「自動正着で停車した場合」、「手動正着で停車した場合」の3パターンについて、バスの乗車・降車を体験いただきます。

このうち「自動正着で停車した場合」および「手動正着で停車した場合」の2パターンにおける乗車・降車について以下の設問にお答えください。

3-1 自動正着で停車した場合

バスが自動正着でバス停に停車した状態において、バスの乗車・降車を行ったときに、バスとバス停の隙間や段差についてどのように感じましたか？ あなたが普段利用しているバスと比較して5段階評価でお答えください。

乗車時	良い (乗りやすい)	変わらない			悪い (乗りづらい)
※当てはまるもの1つに○	←—————→				
バス停とバスの隙間	1	2	3	4	5
バス停とバスの段差	1	2	3	4	5

降車時	良い (降りやすい)	変わらない			悪い (降りづらい)
※当てはまるもの1つに○	←—————→				
バス停とバスの隙間	1	2	3	4	5
バス停とバスの段差	1	2	3	4	5

3-2 手動正着で停車した場合

バスが手動正着でバス停に停車した状態において、バスの乗車・降車を行ったときに、バスとバス停の隙間や段差についてどのように感じましたか？ あなたが普段利用しているバスと比較して5段階評価でお答えください。

乗車時	良い (乗りやすい)	変わらない			悪い (乗りづらい)
※当てはまるもの1つに○	←—————→				
バス停とバスの隙間	1	2	3	4	5
バス停とバスの段差	1	2	3	4	5

4. 自動正着技術の利用・普及の意向

4-1 自動正着が可能なバスの利用意向

あなたは、普段、バス（路線バス、基幹バス等）を利用する際に、自動正着が可能なバスを利用したいと思いますか？ その理由と合わせてご回答ください。

自動正着が可能なバスの利用意向 ※以下の1~4の当てはまるもの1つに○	左記の選択理由 ※以下の選択肢の当てはまるものすべてに○
1. 利用したい 2. どちらかと言えば利用したい	1. バス停への停車時に横揺れが小さく快適だから 2. バス停への停車時に減速が滑らかで快適だから 3. バスとバス停の隙間が小さく乗降しやすいから 4. バスとバス停との段差が小さく乗降しやすいから 5. 大きな手荷物があるときに乗降しやすいから 6. ベビーカーを利用しているため乗降しやすいから 7. 車いすや歩行補助具(杖など)を利用しているため乗降しやすいから 8. その他（以下の欄に、具体的に記入してください） <input type="text"/>
3. どちらかと言えば利用したくない 4. 利用したくない	1. 普段、バス停への停車時に、バスの横揺れを気にしたことがないから 2. 普段、バス停への停車時に、バスの減速の滑らかさを気にしたことがないから 3. 普段、バスに乗降する際に、バスとバス停との隙間を気にしたことがないから 4. 普段、バスに乗降する際に、バスとバス停との段差を気にしたことがないから 5. 普段、大きな手荷物を持ってバスを利用することがないから 6. 普段、ベビーカーを利用してバスに乗車することがないから 7. 普段、車いすや歩行補助具(杖など)を利用してバスに乗車することがないから 8. その他（以下の欄に、具体的に記入してください） <input type="text"/>

4-2 自動正着技術の普及に対する意向

あなたは、東京BRT以外のバス路線（路線バス、基幹バス等）にも、自動正着が可能なバ

スが普及してほしいと思いますか？ その理由と合わせてご回答ください。

自動正着が可能なバスの普及意向 ※以下の1~4の当てはまるもの1つに○	左記の選択理由 ※以下の選択肢の当てはまるものすべてに○
1. 思う 2. どちらかと言えば思う <div style="text-align: right; font-size: 2em;">}</div>	1. バス停への停車時において横揺れ・減速の滑らかさが改善し、乗り心地が向上するから 2. 利用客がバス停において安全に乗降できるようになるから 3. バス停での乗降が容易になり、バスの定時性が向上するから 4. 車いすやベビーカー利用者も公共交通を使った移動がしやすくなるから 5. 大きな手荷物があるときでも利用しやすくなるから 6. その他（以下の欄に、具体的に記入してください） <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%; background-color: #cccccc;"></div>
3. どちらかと言えば思わない 4. 思わない <div style="text-align: right; font-size: 2em;">}</div>	1. 普段、バス停への停車時に、横揺れ・減速の滑らかさに問題を感じたことがないから 2. 普段、バス停での乗降時に不便を感じたことがないから 3. インフラ整備などに費用がかかりそうだから 4. インフラ整備などにより歩道が狭くなりそうから 5. その他（以下の欄に、具体的に記入してください） <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%; background-color: #cccccc;"></div>

4-3 東京 BRT における自動正着の利用拡大について

東京 BRT では、晴海 BRT ターミナルにおいて、「自動正着」の実証を行っています。

今後、東京 BRT の運行が予定されている以下のルートにおいて、自動正着が可能となつてほしいバス停はどれですか？ その理由と合わせてご回答ください。（複数回答可）

自動正着が可能 となつてほしい バス停名 ※右記の選択肢から 当てはまるものす べてに○	1. 虎ノ門ヒルズ(B11)	2. 新橋(B01)	3. 勝どき BRT(B02)
	4. 晴海 BRT ターミナル(B22)	5. 晴海中央(B21)	6. 豊洲(B23)
上記のバス停を 選択した理由 ※右記の選択肢から 当てはまるものす べてに○	7. 東京テレポート(B06)	8. 国際展示場(B05)	
	9. 有明テニスの森(B04)	10. 豊洲市場前(B03)	
	11. 晴海5丁目(仮称)(B31・32・33)		
	12. わからない	13. 特にない	
	1. バス停の近くに勤務先があるから	2. バス停の近くに自宅があるから	
3. バス停の近くによく利用する施設があるから (施設名: _____)	4. 他の交通機関(鉄道、バス等)への乗り換えに便利だから (交通機関名: _____)		
5. その他 (以下の欄に、具体的に記入してください) (_____)			

※東京BRTのプレ運行【一次・二次】、本格運行時のバス停の位置



出典: TOKYO BRT HP に掲載の図より編集・作成

4-4 バスの自動正着に対する要望

東京BRTにおいて、自動正着が可能なバスを利用するにあたって、東京BRTのサービス、交通施設、沿線のまちづくりなどに対するご要望があれば、以下の選択肢の当てはまるものすべてに○をつけてください。

バスの自動正着 に対する要望 ※当てはまるもの すべてに○	1. 自動正着が可能なバスの運行本数の増加 2. 自動正着が可能なバスの運行時刻の情報提供 3. 自動正着が可能なバス停の増加 4. 自動正着が可能なバス停の情報提供 5. バス停の構造の改良(例:上屋・ベンチの設置) 6. バス停のバリアフリー化(例:歩道のマウントアップ) 7. バス停周辺の道路のバリアフリー化(例:段差解消、幅員確保) 8. バス停周辺の建物内・施設内のバリアフリー化 9. その他 (以下の欄に、具体的に記入してください) ()
--	---

5. 東京 BRT に必要と思うこと

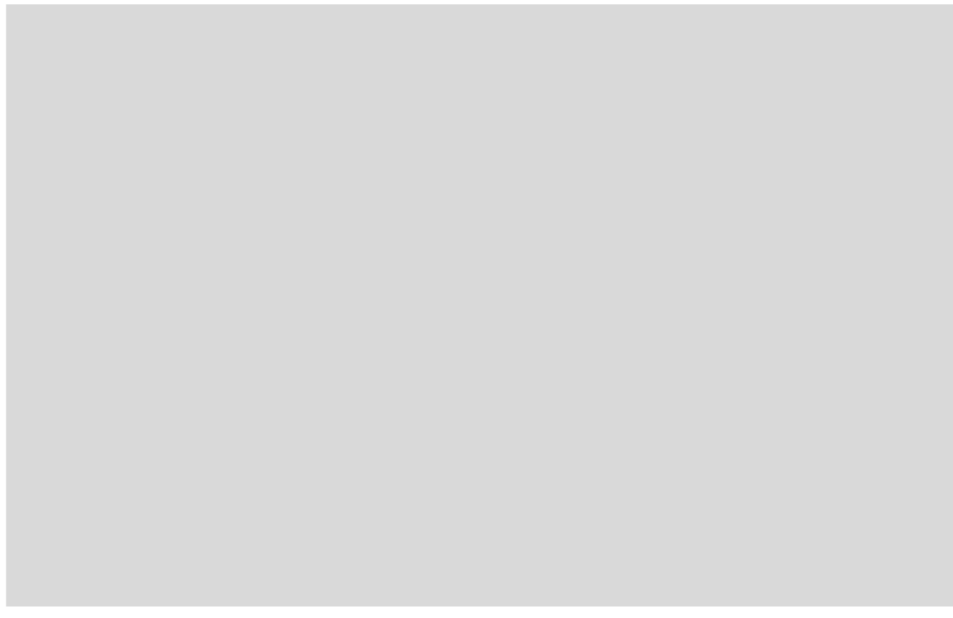
あなたが東京BRTに必要と思うことは何ですか？ 以下の選択肢の中から最大3つまで○をつけてください。

東京 BRT に 必要と思うこと ※最大3つまで○	1. 速達性(短い時間で到着) 2. 定時性(時刻表通りに到着) 3. 運行本数(運行間隔を短く) 4. 輸送力(連節バスの便を増やす) 5. 運賃の安さ 6. バリアフリー(自動正着・手動正着を含む) 7. 環境に配慮した車両 8. バス停の設備(上屋・風防・ベンチ等) 9. トータルデザイン・分かりやすさ (デザイン統一等を行い、路線イメージを創出し、魅力や機能を向上させること) 10. 他交通機関との乗り換えの便利さ 11. その他 (以下の欄に、具体的に記入してください) ()
---------------------------------	--

6. 自由意見

東京BRTやバスの正着技術などについてご意見、ご要望、ご感想がありましたら自由にお書きください。

自由意見 ※以下に自由にお書きください



2) 運転者へのヒアリング調査

モニターを募集したアンケート調査を実施する際、貸切ったバスの運転手を対象に、ヒアリング調査を実施し、正着制御の効果、改善点、要望等を把握する。運転手は、2020年度は3人を対象とした。

表 8 運転手アンケート調査の項目（案）

分類	項目	備考
個人属性	性別、年齢階層別、バス運転手歴 自動正着の実施経験、手動正着の実施経験	
東京 BRT での自動正着、手動正着について	<ul style="list-style-type: none">・東京 BRT のバス停において車いすやベビーカーユーザーが乗降する際の運転手としての対応内容・通常の停車と比較したときのバス停への停車時のバスの横揺れ・減速の滑らかさ・本格運行時の東京 BRT への導入意向とその理由	
東京 BRT における自動正着の利用拡大	自動正着が可能となってほしいバス停名等	
東京 BRT で必要と思うこと	東京 BRT の機能等で必要と思うこと (速達性、定時性、運行本数、輸送力等)	

(2) 実証実験の実施結果

1) 利用者へのアンケート調査

a. 回答者の属性

回答者の属性は下記のとおり。

今回、一般（健常者）を 10 名、車いす利用者を 5 名、高齢者を 10 名、ベビーカーユーザー 5 名と、属性を固定してモニターを募集した。今後、更なるサンプルを収集し、結果を整理する必要があるものの、性、年齢階層、職業は、バランスの良い構成となり、幅広い属性から回答を得ることができたと考えられる。

【性別】

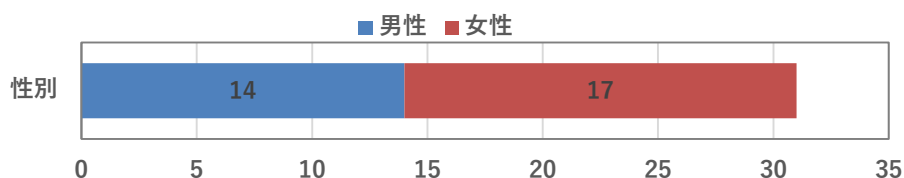


図 10 回答者の性別

【年齢】

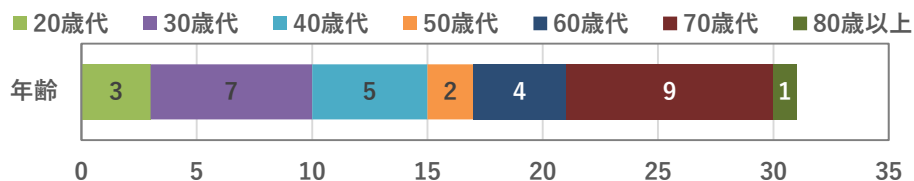


図 11 回答者の年齢構成

【職業】

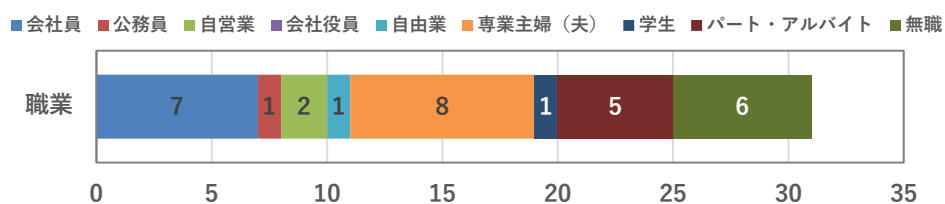


図 12 回答者の職業

モニターの普段のバスの利用状況に関しては、「週に 1~2 回」以上と回答した人が 16 人と定常的に利用している人が半数、定常的に利用していない人が半数となっている。

【普段のバスの利用状況】

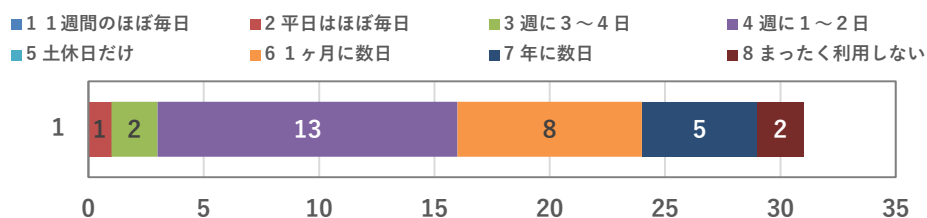


図 13 回答者の普段のバスの利用状況

東京 BRT の乗車回数は、ほとんどが「利用したことがない」人である。

【東京 BRT の乗車回数】

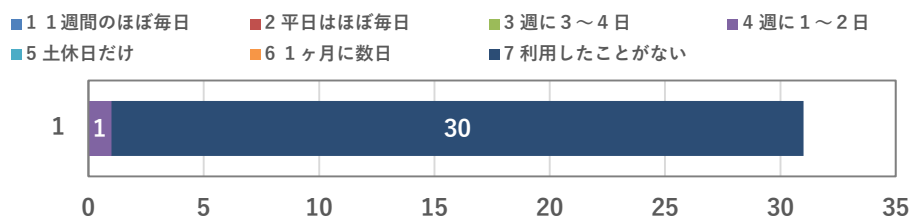


図 14 回答者の東京 BRT の乗車回数

b. 自動正着のバス停への停車時の横揺れ、減速の滑らかさについて

「乗車時の隙間」「乗車時の段差」「降車時の隙間」「降車時の段差」については、大部分の回答者が「良い」、「やや良い」と回答している。「停車時の横揺れ」が低いのは、誘導線の導入部では、バス車両の中心線と誘導線の位置が大きくずれている場合、それらを合わせるように自動的にハンドル操舵が行われるため、大きな揺れが発生するためである。

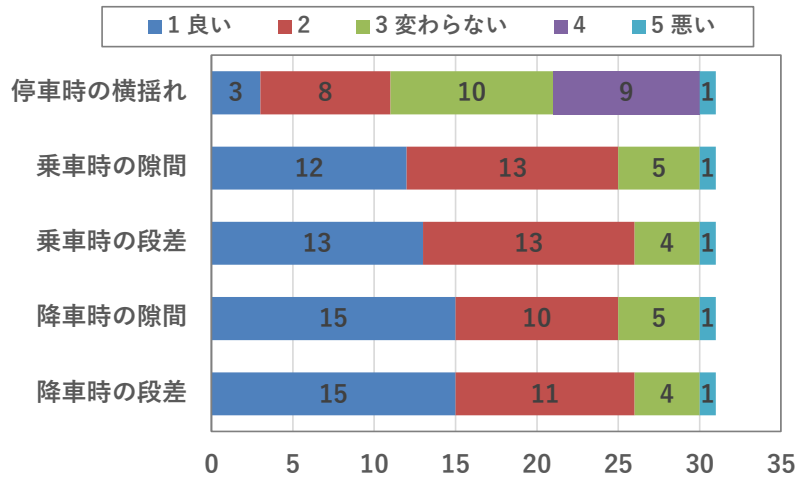


図 15 普段利用するバスと比較した自動正着の評価

c. 自動正着バスの今後の利用意向

【利用意向】

自動正着バスの今後の利用意向は、「利用したい」「どちらかと言えば利用したい」と回答した人が大部分を占めている。

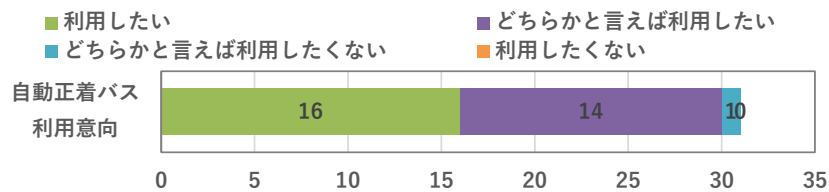


図 16 自動正着バスの今後の利用意向

【利用したい理由】

利用したい理由は、複数回答で「バスとバス停の隙間が小さく乗降しやすいから」「バスとバス停の段差が小さく乗降しやすいから」が多い。また、様々な場面で様々な効果を感じる人がおり、有用であると考えられる。

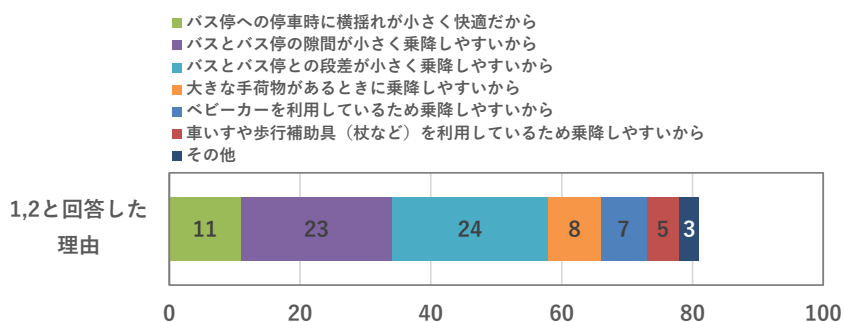


図 17 利用したい理由

d. 自動正着バス普及に対する意向

【普及に対する意向】

自動正着バスが普及して欲しいかについて、全員が「思う」「どちらかと言えば思う」と回答している。

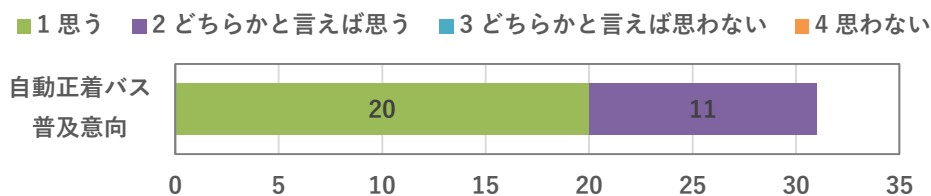


図 18 自動正着バスの普及に対する意向

【普及して欲しい理由】

普及して欲しい理由は、「利用客がバス停において安全に乗降できるようになるから」「バス停での乗降が容易になり、バスの定時性が向上するから」が最も多いが、他の回答も一定数あり、正着には様々な効果を感じる人がおり、車いすやベビーカー利用者以外でも効果が発生するものと考えられる。

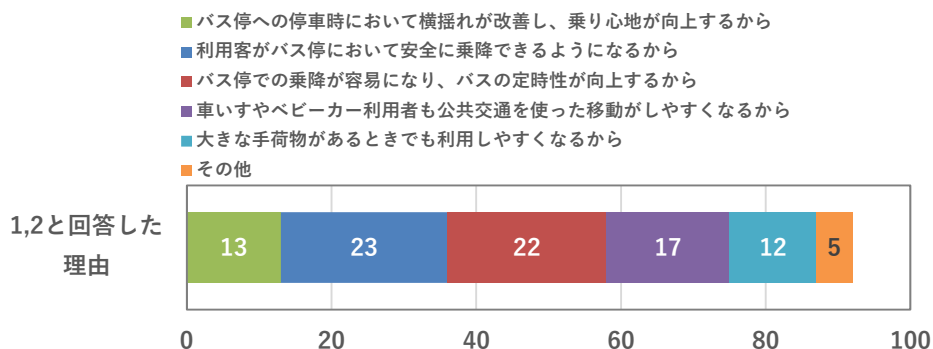


図 19 自動正着バスが普及して欲しい理由

e. 自動正着を導入して欲しいバス停（東京 BRT 計画路線含む）

自動正着を導入して欲しいバス停は、「新橋」「豊洲」などが多く、比較的用户者が多いと考えられるバス停が回答されているものと考えられる。

表 9 自動正着を導入して欲しいバス停

バス停名	回答	割合
虎ノ門ヒルズ	5	16.1%
新橋	10	32.3%
勝どきBRT	3	9.7%
晴海BRTターミナル	1	3.2%
晴海中央		0.0%
豊洲	11	35.5%
東京テレポート	2	6.5%
国際展示場	8	25.8%
有明テニスの森	1	3.2%
豊洲市場前	4	12.9%
晴海5丁目(仮称)		0.0%
わからない	2	6.5%
特にない	10	32.3%

導入して欲しい理由は、「よく利用する施設があるから」「他の交通機関への乗り換えに便利だから」といった回答が多い。

表 10 導入して欲しい理由

理由	回答	割合
バス停の近くに勤務先があるから	2	6.5%
バス停の近くに自宅があるから	3	9.7%
バス停の近くによく利用する施設があるから	9	29.0%
他の交通機関(鉄道、バス等)への乗り換えに便利だから	8	25.8%
その他	9	29.0%

f. 自動正着への要望

自動正着への要望は、「バス停のバリアフリー化」「自動正着が可能なバス停の増加」「自動正着が可能なバスの運行本数の増加」などの割合が高い。

表 11 自動正着への要望

要望	回答	割合
自動正着が可能なバスの運行本数の増加	17	54.8%
自動正着が可能なバスの運行時刻の情報提供	10	32.3%
自動正着が可能なバス停の増加	17	54.8%
自動正着が可能なバス停の情報提供	12	38.7%
バス停の構造の改良	9	29.0%
バス停のバリアフリー化	19	61.3%
バス停周辺の道路のバリアフリー化	13	41.9%
バス停周辺の建物内・施設内のバリアフリー化	4	12.9%
その他	3	9.7%

g. 東京 BRT に必要と思うこと

東京 BRT に必要と思うことは、「定時性（時刻表通りに到着）」「他交通機関との乗り換えの便利さ」「運行本数（運行時間を短く）」の順に割合が高くなっている。

表 12 東京 BRT に必要と思うこと

東京BRTに必要と思うこと	回答	割合
速達性(短い時間で到着)	8	25.8%
定時性(時刻表通りに到着)	18	58.1%
運行本数(運行間隔を短く)	11	35.5%
輸送力(連節バスの便を増やす)	3	9.7%
運賃の安さ	10	32.3%
バリアフリー(自動正着・手動正着を含む)	10	32.3%
環境に配慮した車両	3	9.7%
バス停の設備(上屋・風防・ベンチ等)	6	19.4%
トータルデザイン・分かりやすさ	1	3.2%
他交通機関との乗り換えの便利さ	15	48.4%
その他	4	12.9%

2) 運転者ヒアリング調査結果

ここでは、実証実験の際の運転手の方に、正着制御についてヒアリングを行った結果を整理した。

表 13 ヒアリング結果

1. 基礎情報	
個人属性	性別：男性、年齢：40代、バス運転手歴：10～20年
自動正着の実施経験	・東京 BRT ルートでの習熟運転時の実施経験として概ね半年間
手動正着の実施経験	・プレ運行で実施したことがないが、習熟運転時や練習で実施したことがある ・手動正着と自動正着の使い分けはしていない。手動正着するとタイヤがこすれて白くなる。プロとして、タイヤが白くなることに抵抗感がある。
2. 東京 BRT での自動正着、手動正着について	
東京 BRT のバス停において車いすやベビーカーユーザーが乗降する際の運転手としての対応内容	【通常の場合】 ・車いす利用者：スロープ設置、ベルトによる車いすの固定、1回あたり 3～4分程度 ・ベビーカーユーザー：特に対応なし
通常の停車と比較したときのバス停への停車時のバスの横揺れ・減速の滑らかさ	【自動車正着】 ・悪い ・理由：誘導線を読み込む際の横揺れ。 【手動正着】 ・悪い ・理由：タイヤがこすれることに抵抗感。
本格運行時の東京 BRT への導入意向とその理由	【自動正着の導入以降】 ・どちらでもない ・理由：現在は誘導線導入時に横揺れするため、好ましくないが、技術が向上して、横揺れがなくなれば、導入しても問題ないと思われる。 【手動正着】 ・導入してほしくない。 ・タイヤがこすれ白くなることに抵抗感がある。
4. 東京 BRT における自動正着の利用拡大について	
自動正着が可能となってほしいバス停名	わからない
5. 東京 BRT に必要と思うこと	
必要な機能等	・速達性 ・定時性 ・バス停の設備

3.2.2 正着による乗降時の時間短縮効果

(1) 検証概要

1) 乗降時間調査

自動正着、手動正着、正着無しの状態、モニターにバス停でバスを乗降してもらい、その際の乗降時間を計測する。個人や属性の違いによる乗降時間の平均値等の違いを評価する。

なお、通常のバスの停車時（正着無し）に車いすが乗降する場合、運転手が席から離れ、バス車両に常備しているプレートを設置し、車いすを押して、乗降を補助することが想定されるため、その時間も考慮して評価する。

本年度は、各個人属性毎の乗降時間について評価を行った。

表 14 乗降時間調査の概略

項目	内容
モニターの想定	一般客：10名、高齢者：10名、車いす：5名、ベビーカーユーザー：5名
調査項目	自動正着、手動正着、正着無しの状態から、各モニターにバスを乗降してもらい、乗降の所要時間を計測
計測方法	乗降の開始の位置、終了の位置を予め設定し、条件を統一する。モニターには、各状態で3～5回程度、乗降してもらう 各状態でのバス停とバスの距離を計測

2) 属性別利用者数調査

正着制御の導入による停車時間の短縮効果、運行の定時性の確保等の効果を検証するため、車いす利用者数等の属性別利用者数を計測する。属性別利用者数は、2週間程度、バスの乗客数をバス出口でビデオ撮影し、事後的に映像を目視で確認し、属性別のユーザー数をカウントする。

3) 正着による乗降時の時間短縮効果の評価

乗降時間と利用者数の計測結果から、誘導線式正着制御の導入による停車時間の短縮及び運行の定時性確保等の効果を検証する。正着制御が導入された場合、1運行、1日や年間などの単位で、路線全体として得られる所要時間短縮効果、定時性確保の効果を推計する。

(2) 実証実験の実施結果

1) 乗降時間調査

2.で整理した実証実験期間中に、一般、高齢者、車いす、ベビーカーの各属性のモニターに、自動正着、手動正着、通常の3パターンでの停車時におけるバスを乗降してもらい、各属性による乗降時間の違いを把握した。

車いすの場合は、運転手による乗降板の出し入れ、車いす固定ロープの脱着時間も含めるものとする。

a. 乗車時間

自動正着と手動正着に乗車時間の差はみられないが、通常のバスと比べると特に、ベビーカーユーザー、高齢者、車いす利用者の差が大きい。

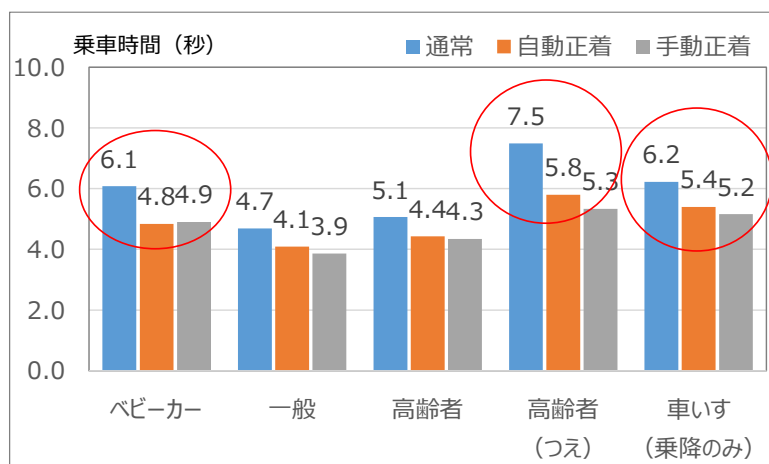


図 20 正着方法別の乗車時間

b. 降車時間

乗車時間同様、自動正着と手動正着に降車時間の差はみられないが、通常のバスと比べると特に、ベビーカーユーザー、高齢者、車いす利用者の差が大きい。

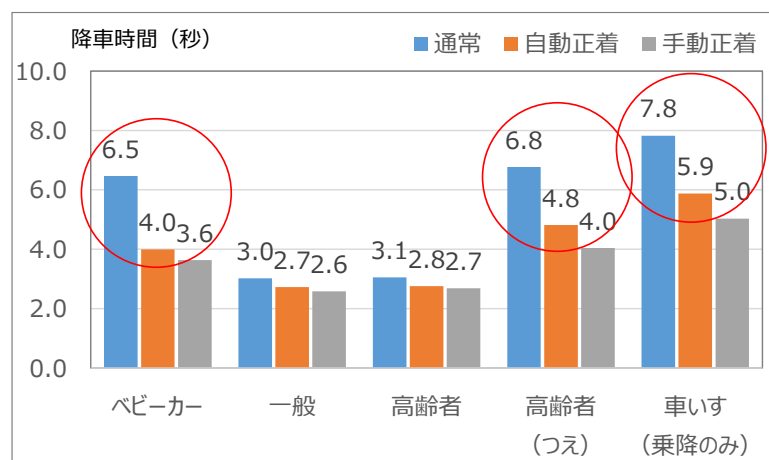


図 21 正着方法別の降車時間

c. 車いす乗降時間

車いす利用者の運転手によるスロープ設置、ベルトによる固定時間も含めると、15~20秒の差もみられる。

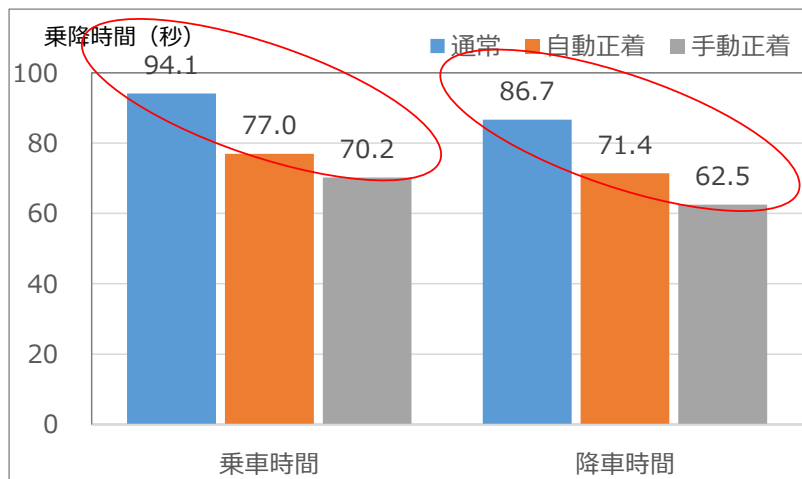


図 22 車いす乗降時間 (運転手の時間含む)

2) 属性別利用者数調査

次年度の実証実験で計測を行う。

3) 正着による乗降時の時間短縮効果の評価

次年度の実証実験で計測を行う。

3.2.3 乗降時・降車時の転倒防止効果検証

以下の考え方に基づき、次年度、検証を行う。

3.3.2 で実施するモニター調査に合わせて、モニターの乗降の様子を撮影し、利用者のバスの乗降時における、バスのステップとプラットフォームの段差による利用者のつまずき状況(転倒した人、つまずいた人)や乗降の状況を属性ごとに整理する。

整理した状況を踏まえ、正着制御使用時の乗降時の転倒防止効果について考察を行う。

3.2.4 停車・発進時の転倒防止効果検証

以下の考え方に基づき、次年度、検証を行う。

3.3.2 で実施するモニター調査に合わせて、バスの停進時における操舵や加減速に伴う車体の揺れを正着制御有無別に計測し、停車・発進時の転倒防止効果を検証する。

計測に際しては、前後加速度、左右加速度に加え、走行速度データ、緯度経度を機器により計測し、正着時の車両の挙動を把握する。また、あわせて車内にカメラを設置し、車内の乗客の状況(体の揺れや転倒状況)を取得し、大きな左右加速度等が発生した際の乗客への影響を確認する。

正着制御有無別に、揺れの状況(速度や加速度の発生状況)を比較し、正着導入による転倒防止効果を検証する。

4. まとめ

2020年度は実証実験による検証を進めたが、緊急事態宣言の発出等により、特に社会的効果検証に関して年度内にモニター調査等を行うことができなかった。そのため、アンケート調査のサンプルを十分に確保できていない。次年度は、各項目について以下に示す方針で検証を行う。

特に車いすや高齢者等の属性を意識し、モニター調査のサンプル数を確保し、「①正着によるバリアフリー化効果」を検証する。

東京 BRT 利用者数を調査し、乗降時の時間短縮効果の計測を行う。この時、現状の東京 BRT は1次プレ運行期間で本格運行と路線等が異なる。そのため、本格運行時の路線や正着用バス停、利用者数を想定し、東京 BRT 全体としての「②正着による乗降時の時間短縮効果」の評価を行うことも検討する。

「③乗車時・降車時の転倒防止効果検証」「④停車・発進時の転倒防止効果検証」は、モニター調査時の状況を把握し、これら転倒防止効果について考察を行うこととする。

表 15 2020年における検討状況

分類	検証項目	検証状況
(1) 技術的 課題検証	①システム使用条件の明確化	○夕方、降雪のシステム使用条件は検証 ・ <u>降雨時の使用条件は未検証</u>
	②誘導線耐久性確認	○設置後の誘導線の劣化状況を把握（画像） ・ <u>今後、時系列的な変化を把握するため、劣化状況を2回程度確認</u> ○グランシヤルシートを用いた誘導線劣化時の誘導線の認識テストの実施
(2) 社会的 効果検証	①正着によるバリアフリー化効果の検証	○(2)②のモニター25名に対し、アンケート調査実施（最終目標150名） ○運転手5名にヒアリング調査を実施（目標20名） ・ <u>今後、追加でモニターを募集し、アンケート調査のサンプルを増やす</u>
	②正着による乗降時の時間短縮効果	○モニター募集し、属性別乗降時間を計測 ・ <u>効果の総量を把握するための BRT 利用者数を計測</u>
	③乗降時・降車時の転倒防止効果検証	○乗降時の転倒状況のサンプルをカメラで観測 ・ <u>カメラで観測した結果から乗降者別転倒者数を計測</u>
	④停車・発進時の転倒防止効果検証	○停車・発進時の転倒状況のサンプルをカメラで観測 ・ <u>カメラで観測した結果から乗降者別転倒者数を計測</u>