

2021 年度報告書

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 12 月

一般財団法人 計量計画研究所

<目次>

1. 調査概要	1
1.1 調査目的	1
1.2 調査概要	2
1.3 検討内容	3
1.3.1 誘導線式正着制御の技術的課題検証	3
1.3.2 誘導線式正着制御技術の社会的効果の検証	3
2. 2021年度の実証実験の実施内容	4
2.1 検証項目	4
2.2 実証実験の実施場所	5
3. 検証結果	7
3.1 誘導線式正着制御の技術的課題検証	7
3.1.1 システム使用条件の明確化	7
3.1.2 誘導線耐久性確認	11
3.2 誘導線式正着制御技術の社会的効果の検証	16
3.2.1 正着によるバリアフリー化効果の検証	16
3.2.2 正着による乗降時の時間短縮効果	58
3.2.3 乗降時・降車時の転倒防止効果検証	71
3.2.4 停車・発進時の転倒防止効果検証	85
4. まとめ	98
4.1 システム使用条件の明確化	98
4.2 誘導線耐久性確認	98
4.3 正着によるバリアフリー化効果の検証	99
4.4 正着による乗降時の時間短縮効果	99
4.5 乗降時・降車時の転倒防止効果検証	100
4.6 停車・発進時の転倒防止効果検証	101
4.7 検証項目以外の課題	102

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. 2021 年度の実証実験の実施内容

2.1 検証項目

1.3 で示した検討内容について、下表のとおり検証を実施した。

表 2-1 2021 年度の実証実験の検証内容

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	○ 降雨時の使用条件を検証
	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） ○ 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
(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	○ モニター118 名を募集し、アンケート調査を 実施 ○ 運転手 3 名にヒアリング調査を実施
	② 正着による乗降時の 時間短縮効果	○ 効果の総量を把握するための BRT 利用者数 を計測
	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 ○ カメラで観測した結果から、乗降者別転倒者 数を計測
	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 ○ カメラで観測した結果から、乗降者別転倒者 数を計測

2.2 実証実験の実施場所

2021年10月22日～24日の3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 2-1 東京 BRT 路線図（1次プレ運行）



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



図 2-3 晴海 BRT ターミナルのサブバ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。

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（夜間、雨天・荒天時、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。

2021年度は雨天・荒天時について検証を行った。

1) 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予定であったが、プレ運行で正着制御を使用しないこととなったため、モニター調査実施日、もしくは別途車両を貸し切り、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、雨天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。

表 3-1 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
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	雨天時の日中を中心に計測

(2) 実証実験の実施結果

1) 雨天時

雨天日である2021年10月22日に雨天時調査を実施した。雨量と誘導線認識の状況の確認のため、1日を通して調査を実施した。

調査結果は表 3-2 のとおり。当日の雨量は正着しなくなった時刻の前後1時間（計2時間）で0.5 mm(0.25 mm/h)、午前0時から正着しなくなった時刻までの積算雨量で

2.5 mm程度だったが、日の入り前の照度 680lux 程度で誘導線を認識しなくなった。この結果を夕方調査と比較したのが図 3-2 である。晴天時と比べると正着できなくなる照度の閾値が 30lux (4 日間平均) から 680lux に上昇した。雨が降ると誘導線認識に必要な照度が上昇することが明らかになった。これは、アスファルトが濡れて光を反射し易くなり、路面と誘導線のコントラストとの差が少なくなる為、照度が高い状況でも認識しづらくなったことが影響していると想定される。

実験日の降水量は少なく、雨量の多い日は日中も正着制御が作動しなくなる可能性があるため、終日システムを使用しないなどの対策が考えられる。

また、実験に使用した雨量計は図 3-3 に示すものであり、雨量計測の最小単位は 0.5 mm である。今回の実験のような少雨での正着可否の精緻な分析のためには、より計測単位の小さい雨量計が必要と考えられる。



図 3-1 実験時の降雨状況

表 3-2 雨天時のシステム使用条件の計測結果

id	路面状況	時刻	正着の有無	照度(lux)		前後1h雨量 (mm)
				照明下部	照明中間	
1	湿	10:31	正着	4080	4080	0.5
2	湿	10:34	正着	5600	5600	0.5
3	湿	11:24	正着	6550	8390	0
4	湿	13:30	正着	7700	9600	0
5	湿	15:28	正着	4000	4000	0.5
6	湿	16:32	正着	780	780	0.5
7	湿	16:14	正着	1000	1000	0.5
8	湿	16:24	正着	760	760	0.5
9	湿	16:29	正着	800	800	0.5
10	湿	16:40	正着せず	680	680	0.5

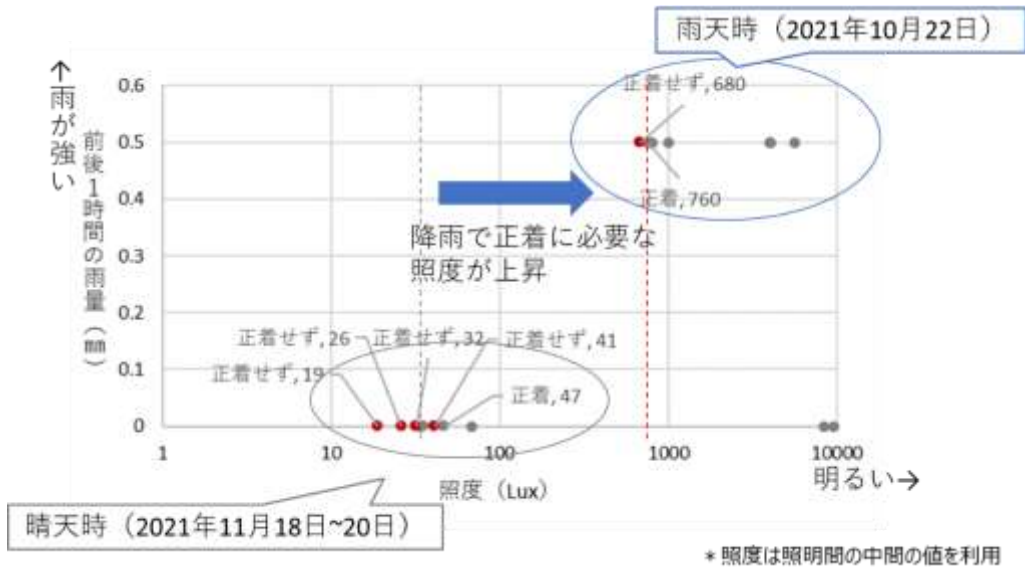


図 3-2 雨天時調査と夜間調査（晴天時）の照度の違い



図 3-3 設置した雨量計

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、一定の時間間隔ごとに誘導線の劣化状況(剥離率)を計測(検証①)し、誘導線の劣化速度を把握する。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。これらの結果と既存研究¹を元に、メンテナンスが必要となる期間を推定する(検証③)。

2020年度は検証②を実施しており、2021年度は検証①と検証③を実施した。

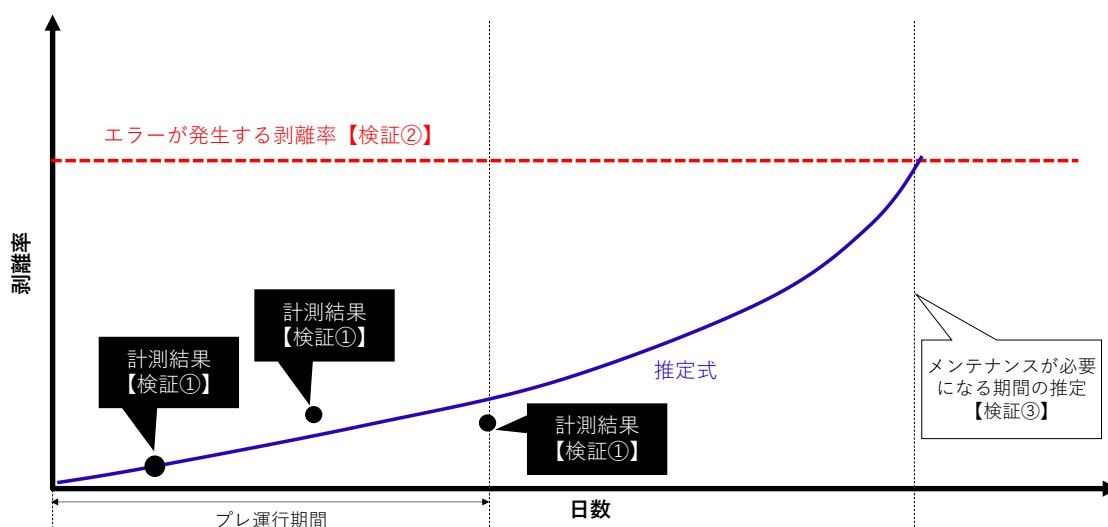


図 3-4 分析イメージ

¹ 路面標示材技術委員会、技術資料 路材協会報 No.122 路面標示材の耐久性について、路面標示材協会、2003

(2) 実証実験の実施結果

1) 劣化状況の計測【検証①】

劣化状況の計測は、2020年度の2020年11月21日に引き続き、2021年度は2021年4月27日、2021年11月24日の2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した。撮影した誘導線は、①画像の歪みを補正し長方形に変換、②アスファルト部が黒に近づくよう色を補正、③白黒画像に変換、④周囲の欠損以外のノイズを除去、の順で欠損部と残存部に2分し、欠損部のピクセル数と全体のピクセル数から剥離率を算出する。



図 3-5 劣化計測位置

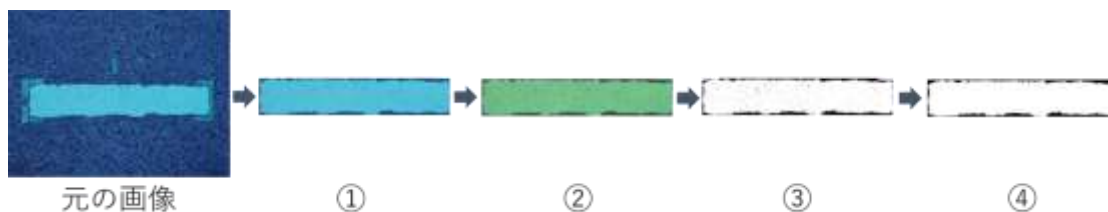










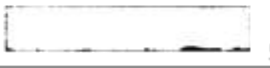
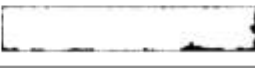


図 3-6 剥離率の測定のための画像補正

各誘導線の剥離状況と剥離率を表 3-3 に示す。ばらつきはあるものの、すべての誘導線の剥離率は時間経過で上昇した。

表 3-3 各誘導線の剥離状況と剥離率

No.	2020年11月	2021年4月	2021年10月
1	 2.5%	 7.0%	 11.3%
2	 2.0%	 4.7%	 10.8%
3	 1.9%	 4.2%	 6.6%
4	 2.6%	 5.0%	 7.5%

2) 誘導線のメンテナンス頻度の推定【検証③】

ここでは、2020年度に実施した検証②から得られた認識限度（剥離率 50%）に到達する年数について推定を行った。具体的には、検証①で把握した劣化状況の推移から剥離率と経過年数からの回帰式（図 3-7）を試算し、回帰式に基づき、剥離率が 50%に達する年数の推計を行った。その結果、4 枚の誘導線は最短で約 5 年、最長で約 10 年で剥離率 50%に達することが明らかとなった。

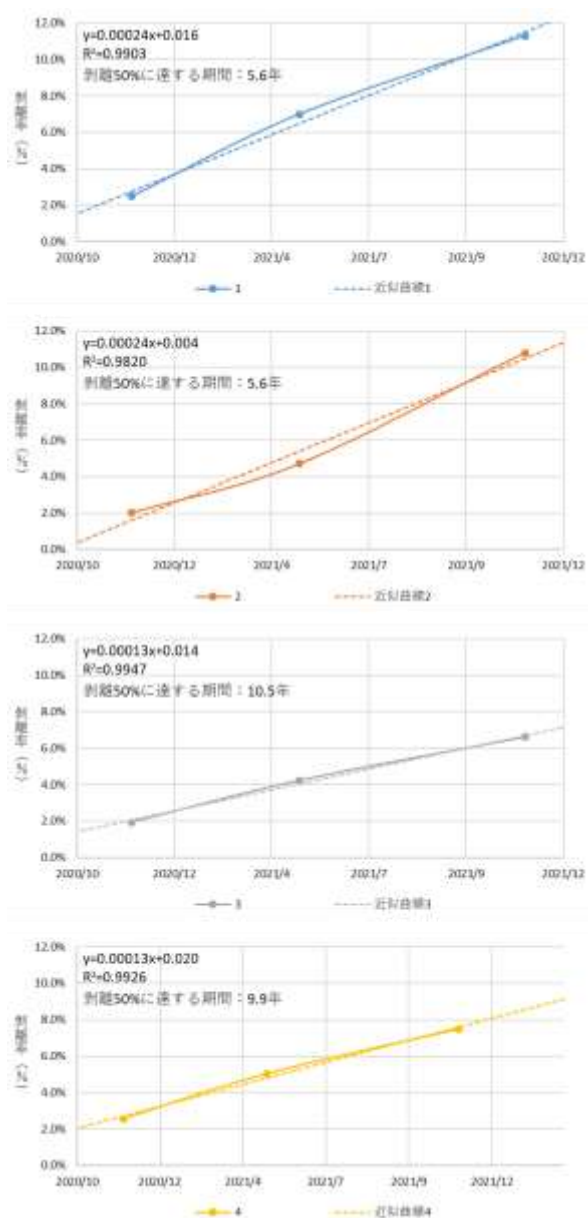


図 3-7 各誘導線の剥離状況

本検証の対象である晴海ターミナルでは一般車両の通行はないものの、正着実証車以外のバスの走行時に誘導線を踏むことにより誘導線の劣化が進展したと考えられる。一方、公道上のバス停においては大型トラックも含め多数の一般車が走行することで誘導線の劣化が進展することが想定され、また、車両の通行量が多くなる程、劣化速度が早くなることが予想される。

なお、BRTとしての速達・定時性の向上のためには、諸外国のBRTに多くみられる中央車線寄りの完全専用レーンが好ましく、完全専用レーンが実装された場合は、一般車の走行がないため、誘導線の耐久性が向上することが期待される。

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

2021年10月22日（金）～24日（日）の3日間、モニターに正着制御が可能なバスへの乗車を体験してもらい、乗降のしやすさ、乗り心地等に関するアンケート調査を行った。また、実験時に協力してくれたバス運転手に対して、正着制御技術のメリット・デメリットに関するヒアリング調査を行った。

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った。具体的には、正着制御が可能なバスを貸し切った状態で、募集したモニターに正着制御の乗車体験をしてもらった後にアンケート調査を行った。

モニターは、一般（健常者）、高齢者、車いす利用者、ベビーカー利用者などの属性を考慮して募集した。2021年度の実験は118人であり、2020年度とあわせると合計149人のモニターが実験に参加した。

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 3-4 2021年度の利用者アンケート調査の概要

分類		項目
調査期間		2021年10月22日（金）～10月24日（日）
調査対象者		2021年:118人(車いす利用者12人,ベビーカー利用者5人,その他101人)
調査項目	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
	バスの横揺れについて	停車時の横揺れ ※自動正着、手動正着、通常の停車の比較
	バス停での乗降のしやすさ	バス停とバスの隙間・段差の観点からみた乗降のしやすさ ※自動正着、手動正着、通常の停車の比較
	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


問2. 自動正着と通常の比較

東京BRTに乗りいただき、「①通常の停車の場合」、「②手動正着の場合」、「③自動正着の場合」の3パターンの停車を体験いただきました。

このうち、「①通常の停車の場合」、「③自動正着の場合」について比較をいただき、以下の設問にお答えください。


2-1 停車時のバスの横揺れ


バスが「③自動正着」によってバス停に停車しようとしているとき、「①通常の停車の場合」と比較して、あなたはバスの横揺れについてどのように感じましたか？ 以下の5段階評価でお答えください。

停車時のバスの横揺れ	良い (快適)	変らない	悪い (不快)		
※当てはまるもの1つに○					
停車時のバスの横揺れ	1	2	3	4	5

2-2 バス停での乗降のしやすさ

バスが「③自動正着」でバス停に停車した状態でバスの降車・乗車を行ったときに、「①通常の停車の場合」と比較して、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？ 以下の5段階評価でお答えください。

降車時	良い (降りやすい)	変らない	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

乗車時	良い (乗りやすい)	変らない	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

問3. 自動正着と手動正着の比較

「②手動正着の場合」、「③自動正着の場合」について比較をいただき、以下の設問にお答えください。

1-1 停車時のバスの横揺れ

バスが「③自動正着」によってバス停に停車しようとしているとき、「②手動正着」と比較して、あなたはバスの横揺れについてどのように感じましたか？ 以下の5段階評価でお答えください。

停車時のバスの横揺れ	良い (快適)	変らない			悪い (不快)
※当てはまるもの1つに○	←—————→				
停車時のバスの横揺れ	1	2	3	4	5

1-2 バス停での乗降のしやすさ

バスが「③自動正着」でバス停に停車した状態でバスの降車・乗車をを行ったときに、「②手動正着」と比較して、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？ 以下の5段階評価でお答えください。

降車時	良い (降りやすい)	変らない			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

乗車時	良い (乗りやすい)	変らない			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

問4. あなたについて

4-1 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				

4-2 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）			
	[]			
	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）		
[]				

問5. 自動正着技術の利用・普及の意向

5-1 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 ※以下の選択枝の当てはまるものすべてに○
<p>1. 利用したい</p> <p>2. どちらかと言えば利用したい</p>	<p>1. バス停への停車時に横揺れが小さく快適だから</p> <p>2. バスとバス停の隙間が小さく乗降しやすいから</p> <p>3. バスとバス停との段差が小さく乗降しやすいから</p> <p>4. 大きな手荷物があるときに乗降しやすいから</p> <p>5. ベビーカーを利用しているため乗降しやすいから</p> <p>6. 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</p> <p>7. その他（以下の欄に、具体的に記入してください）</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>
<p>3. どちらかと言えば利用したくない</p> <p>4. 利用したくない</p>	<p>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</p> <p>2. 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</p> <p>3. 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</p> <p>4. 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</p> <p>5. 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</p> <p>6. 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</p> <p>7. その他（以下の欄に、具体的に記入してください）</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>

5-2 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○
<p>1. 思う</p> <p>2. どちらかと言えば思う</p>	<p>1. バス停への停車時において横揺れが改善し、乗り心地が向上するから</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>5. 大きな手荷物があるときでも利用しやすくなるから</p> <p>6. その他（以下の欄に、具体的に記入してください）</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%; background-color: #cccccc;"></div>
<p>3. どちらかと言えば思わない</p> <p>4. 思わない</p>	<p>1. 普段、バス停への停車時に、横揺れに問題を感じたことがないから</p> <p>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</p> <p>3. インフラ整備などに費用がかかりそうだから</p> <p>4. インフラ整備などにより歩道が狭くなりそうから</p> <p>5. その他（以下の欄に、具体的に記入してください）</p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%; background-color: #cccccc;"></div>

5-3 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っ
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 となしてほしい 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: <input type="text"/>)			
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: <input type="text"/>)			
5. 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

5-4 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○	<input type="checkbox"/> 1. 自動正着が可能なバスの運行本数の増加
	<input type="checkbox"/> 2. 自動正着が可能なバスの運行時刻の情報提供
	<input type="checkbox"/> 3. 自動正着が可能なバス停の増加
	<input type="checkbox"/> 4. 自動正着が可能なバス停の情報提供
	<input type="checkbox"/> 5. バス停の構造の改良(例:上屋・ベンチの設置)
	<input type="checkbox"/> 6. バス停のバリアフリー化(例:歩道のマウントアップ)
	<input type="checkbox"/> 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)
	<input type="checkbox"/> 8. バス停周辺の建物内・施設内のバリアフリー化
	<input type="checkbox"/> 9. その他 (以下の欄に、具体的に記入してください)
[<input type="text"/>]	

問6. 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)	
	()	
	()	
	()	
	()	

問7. 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

1) で説明した実験は、バス運転手に協力を得て実施した。そこで、協力頂いたバス運転手に対してヒアリング調査を実施し、正着制御のメリット・デメリット等を把握した。2021年度調査の調査対象の運転手は3人である。

表 3-5 運転手ヒアリング調査の概要

分類		項目
調査期間		2021年10月22日(金)～10月24日(日)
調査対象者		3人
調査項目	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	通常の停車と比較したときの自動正着、手動正着のメリット・デメリット

(2) 実証実験の実施結果

1) 利用者アンケート調査（2021年度）

① 回答者の属性

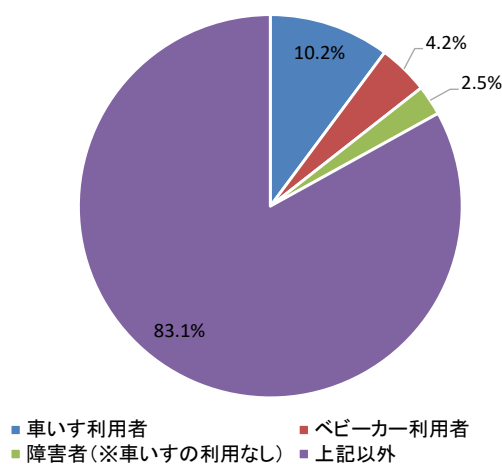
2021年度の実証実験のモニター数は合計118名であった。

このうち、車いす利用者は12名、ベビーカー利用者は5名、障害者は3名、一般（健常者）は98名であった。

モニターの性別、年齢階層、職業は下図に示すとおりであるが、概ねバランスのよい構成比であったと考えられる。

【個人属性】

車いす、ベビーカー利用、障害有無等

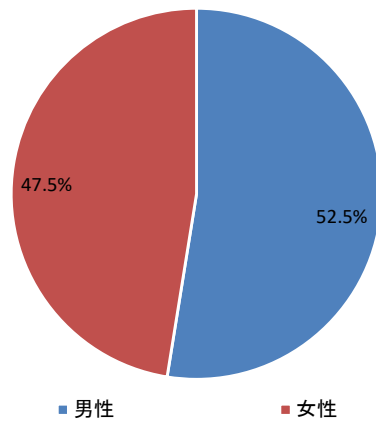


	人数	構成比	備考
車いす利用者	12	10.2%	
ベビーカー利用者	5	4.2%	
障害者(※車いすの利用なし)	3	2.5%	下肢障害1名、上肢障害1名、その他障害1名
上記以外	98	83.1%	
計	118	100.0%	

図 3-8 回答者の車いす、ベビーカー利用等

【性別】

性別

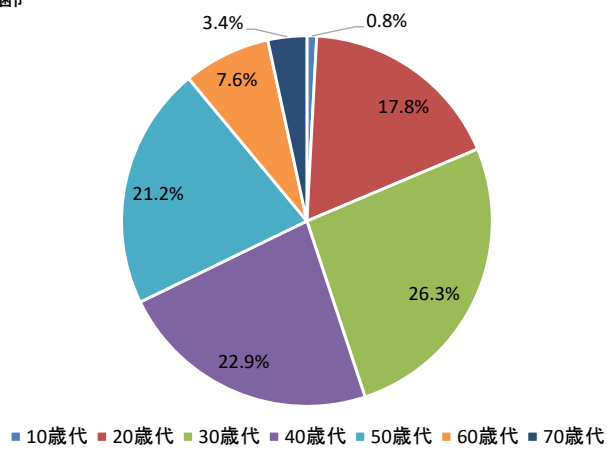


性別	人数	構成比
男性	62	52.5%
女性	56	47.5%
計	118	100.0%

図 3-9 回答者の性別

【年齢】

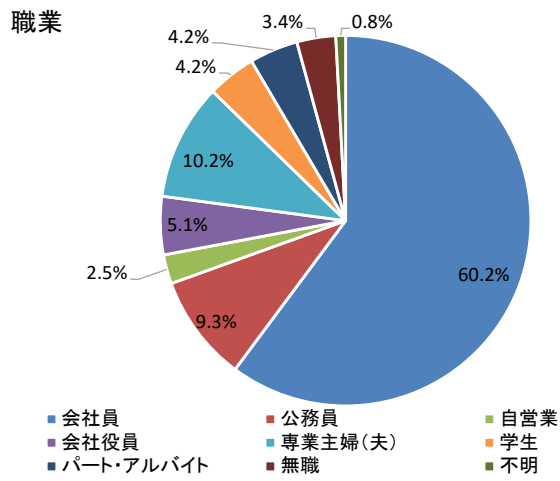
年齢



年齢	人数	構成比
10歳代	1	0.8%
20歳代	21	17.8%
30歳代	31	26.3%
40歳代	27	22.9%
50歳代	25	21.2%
60歳代	9	7.6%
70歳代	4	3.4%
計	118	100.0%

図 3-10 回答者の年齢

【職業】



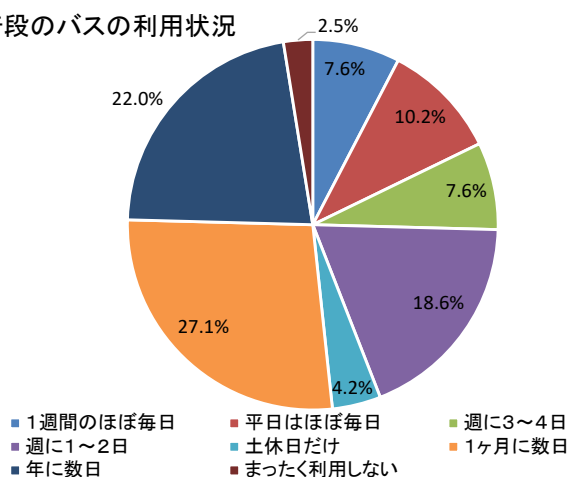
職業	人数	構成比
会社員	71	60.2%
公務員	11	9.3%
自営業	3	2.5%
会社役員	6	5.1%
専業主婦(夫)	12	10.2%
学生	5	4.2%
パート・アルバイト	5	4.2%
無職	4	3.4%
不明	1	0.8%
計	118	100.0%

図 3-11 回答者の職業

モニターの普段のバスの利用状況をみると、「週に1~2回」以上と回答した人が57人であり、定常的に利用している人が約半数となっている。

【普段のバスの利用状況】

普段のバスの利用状況



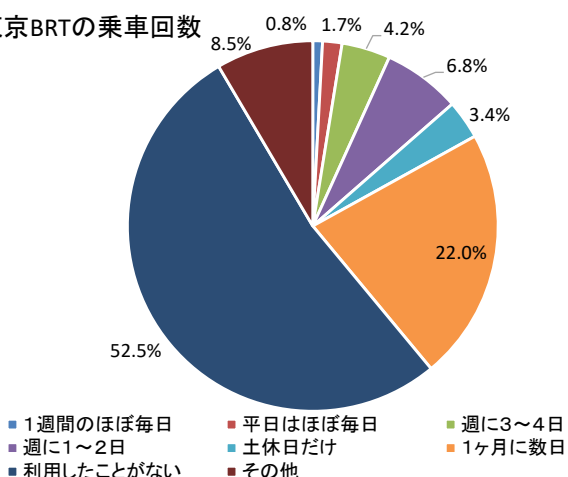
普段のバスの利用状況	人数	構成比
1週間のほぼ毎日	9	7.6%
平日はほぼ毎日	12	10.2%
週に3~4日	9	7.6%
週に1~2日	22	18.6%
土休日だけ	5	4.2%
1ヶ月に数日	32	27.1%
年に数日	26	22.0%
まったく利用しない	3	2.5%
計	118	100.0%

図 3-12 回答者の普段のバスの利用状況

東京 BRT の乗車回数をみると、モニターのほとんどが「あまり利用したことがない」人である。

【東京 BRT の乗車回数】

東京BRTの乗車回数



普段のバスの利用状況	人数	構成比
1週間のほぼ毎日	1	0.8%
平日はほぼ毎日	2	1.7%
週に3~4日	5	4.2%
週に1~2日	8	6.8%
土休日だけ	4	3.4%
1ヶ月に数日	26	22.0%
利用したことがない	62	52.5%
その他	10	8.5%
計	118	100.0%

※注:「その他」の具体的な内容
 ・過去1回(2名)
 ・実験会場に来る際に初めて利用(2名)
 ・過去2回(1名)
 ・近くに来た際、タイミングが合えば利用(1名)
 ・年に1回~数回(4名)

図 3-13 回答者の東京 BRT の乗車回数

② 自動正着のバス停への停車時の横揺れについて

「自動正着」と「通常の停車」、「手動正着」を比較すると、「停車時の横揺れ」については、「良い」、「やや良い」と回答した人よりも「悪い」、「やや悪い」と回答した人の方が多い。「自動正着」では、バスが誘導線に進入する地点において、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に両者を合わせるように自動的にハンドル操舵が行われ揺れが発生すること、誘導線の S 字カーブの曲率が急で通過時に横揺れが生じること²がこの結果に影響している。

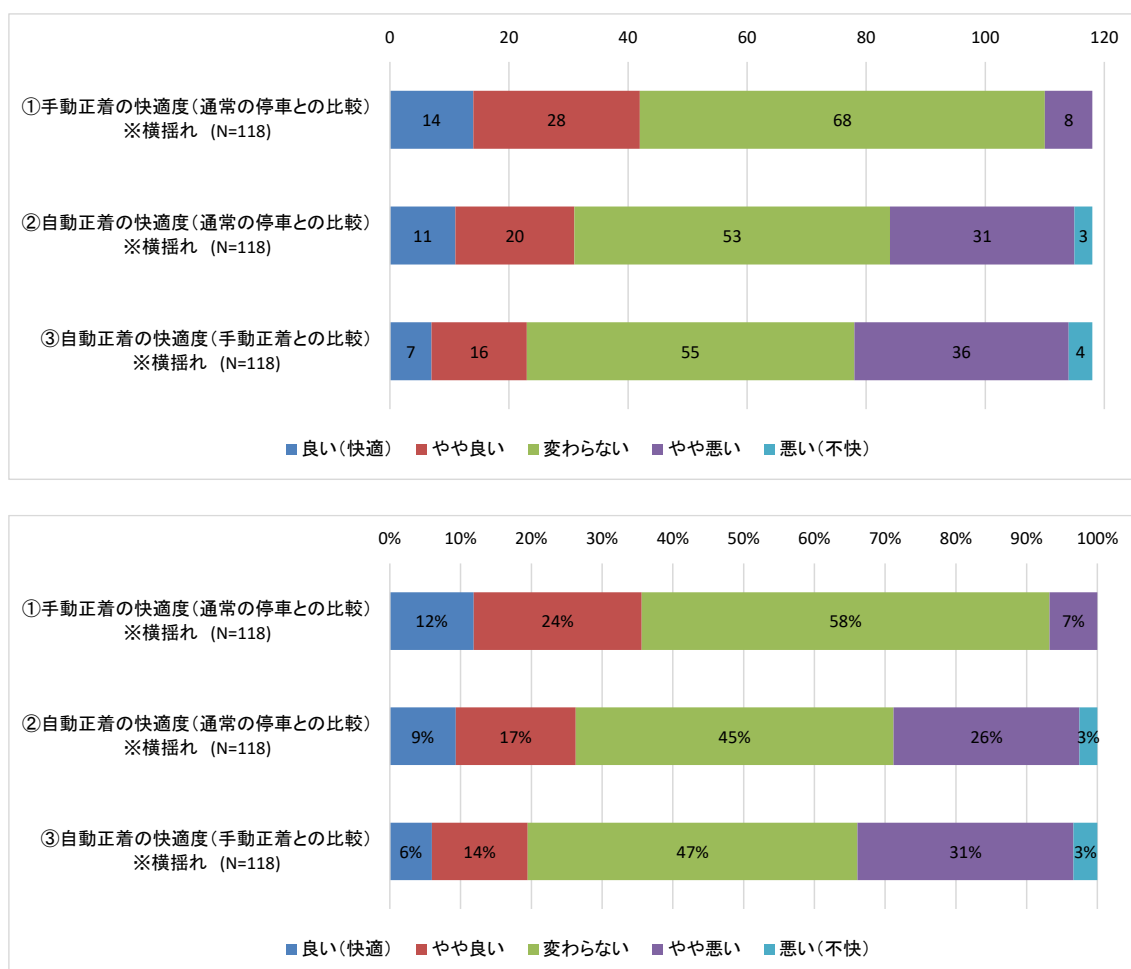


図 3-14 自動正着のバス停への停車時の横揺れに対する評価

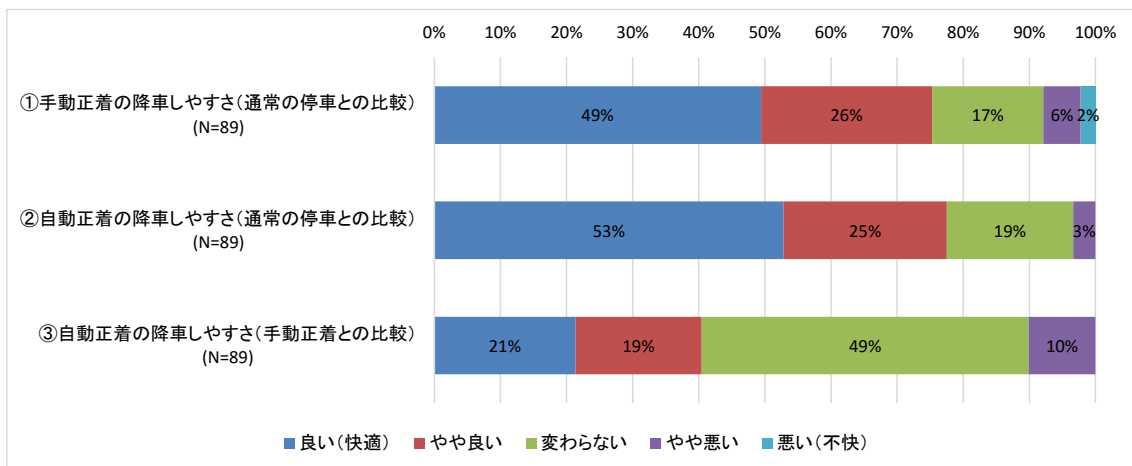
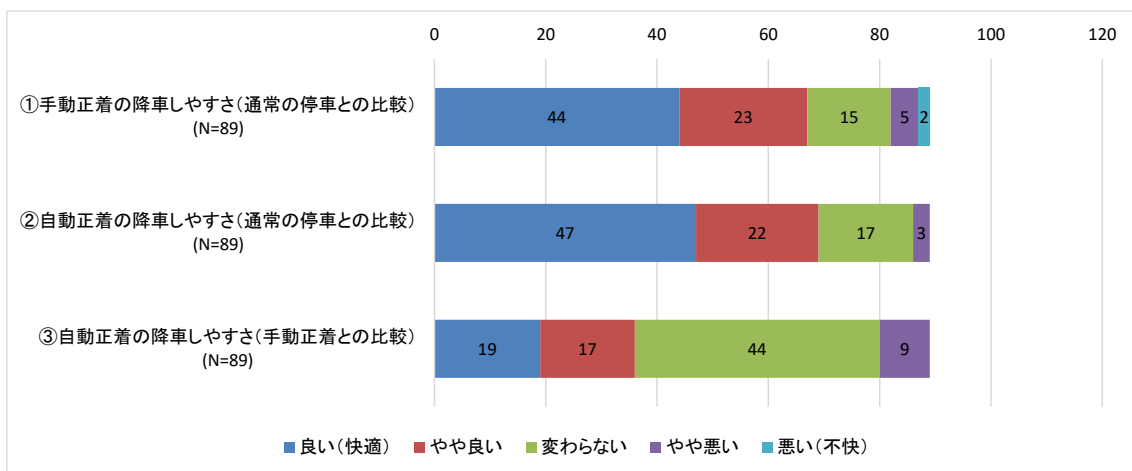
² 今回設置した誘導線の曲率が急なのは、誘導線を短く設置したからである。誘導線は法定線との干渉が許されず、多くのバス停に設置するには誘導線を極力短くする必要があり、今回の誘導線の設置にあたってこの考えを踏襲した。今後、誘導線の曲率の緩和と誘導線の設置が可能なバス停の増加を両立するためには、諸外国の BRT に多くみられる中央車線寄りの完全専用レーンの採用が有効である。中央車線寄りの完全専用レーンであれば、法定線との干渉の懸念を排除できるためである。

③ 自動正着のバス停での降車のしやすさ（バスとバス停の隙間の観点からみた降車のしやすさ）について

「自動正着」を「通常の停車」と比較すると、バスとバス停の隙間が十分に狭く降車しやすいと回答したモニターが全体の 78% を占めている。

また、「自動正着」を「手動正着」と比較すると、バスとバス停の隙間が十分に狭く降車しやすいと回答したモニターが全体の 40% を占め、降車しづらいと回答したモニター（全体の 10%）を上回っている。

以上の結果から、「自動正着」は、「通常の停車」、「手動正着」と比べて、隙間の観点からバス停で降車がしやすいとの評価となっている。



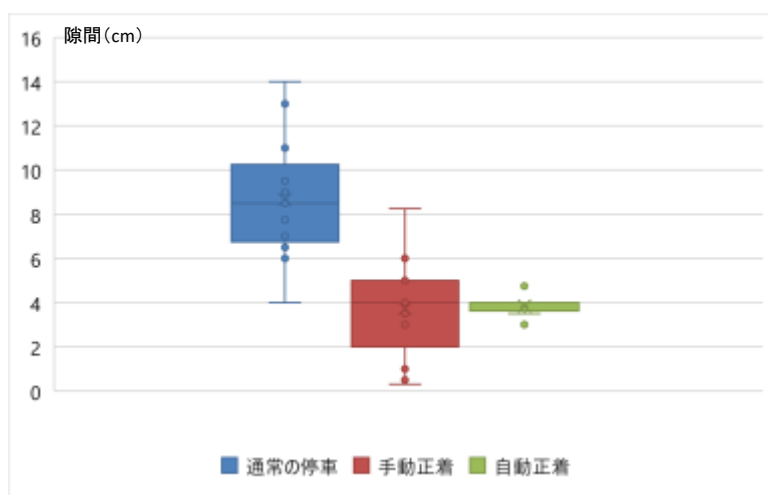
※本分析は、モニター（118名）の実験結果のサンプルうち、比較可能な89サンプルを取り出して分析を行っている。

図 3-15 自動正着のバス停での降車しやすさ（隙間）に対する評価

実証実験 3 日間における「通常の停車」、「手動正着」、「自動正着」時の「バスとバス停の隙間」の大きさの分布を示したものが以下の図である。

隙間の平均値をみると、「通常の停車」が 8.7cm と最も大きく、「手動正着」(3.7cm)、「自動正着」(3.8cm) は同程度である。これは、自動正着、手動正着は平均的にバス停と隙間のない位置に停車していることを示している。

また、隙間の標準偏差をみると、「通常の停車」(2.6cm)、「手動正着」(2.1cm) がともに大きく、「自動正着」(0.4cm) は非常に小さい。これは、「自動正着」では、運転手の経験や技量等に依らず、安定的に隙間のない位置にバスが停車できていることを示している。



	①通常の停車	②手動正着	③自動正着
平均	8.7	3.7	3.8
標準偏差	2.6	2.1	0.4

※隙間は主に降車に使うバス中扉での計測値

図 3-16 「通常の停車」、「手動正着」、「自動正着」時のバスとバス停の隙間の分布

モニターがバスの降車時に体験したバスとバス停の隙間の停車パターン（「通常の停車」、「手動正着」、「自動正着」）間での違いと、降車しやすさの評価結果の関係をみたものが以下の図である。

「自動正着」と「通常の停車」を比較すると、「通常の停車」に比べて「自動正着」の隙間が小さくなるほど、モニターの「自動正着」に対する評価は高くなっている。「自動正着」と「手動正着」を比較しても同様の傾向がみられている。

以上のことから、上で説明した「自動正着」に対する「降車しやすい」との評価結果は、バスがバス停に安定的に隙間なく停車できていたことが影響していると考えられる。

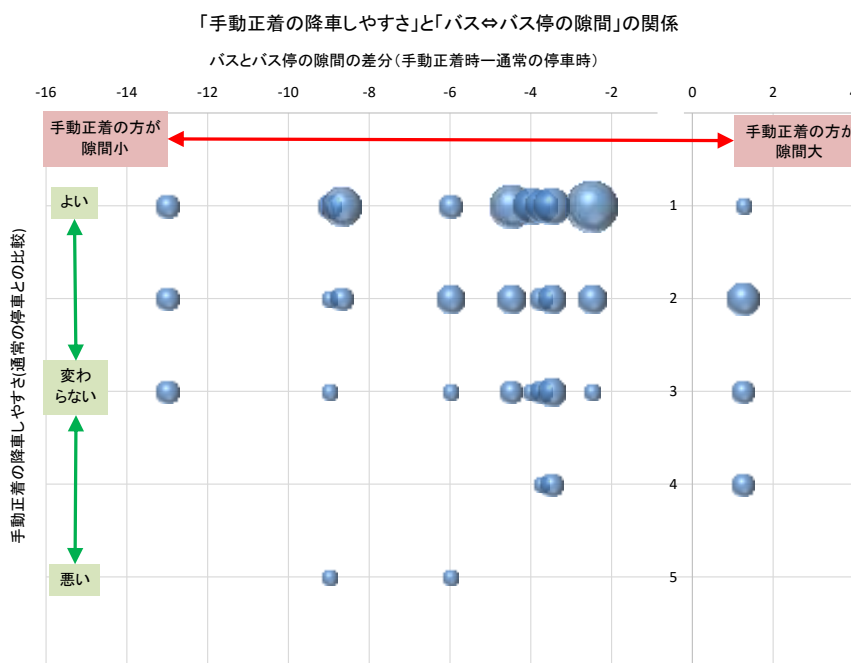


図 3-17 「手動正着」時、「通常の停車」時の隙間と「降車しやすさ」の評価結果の関係

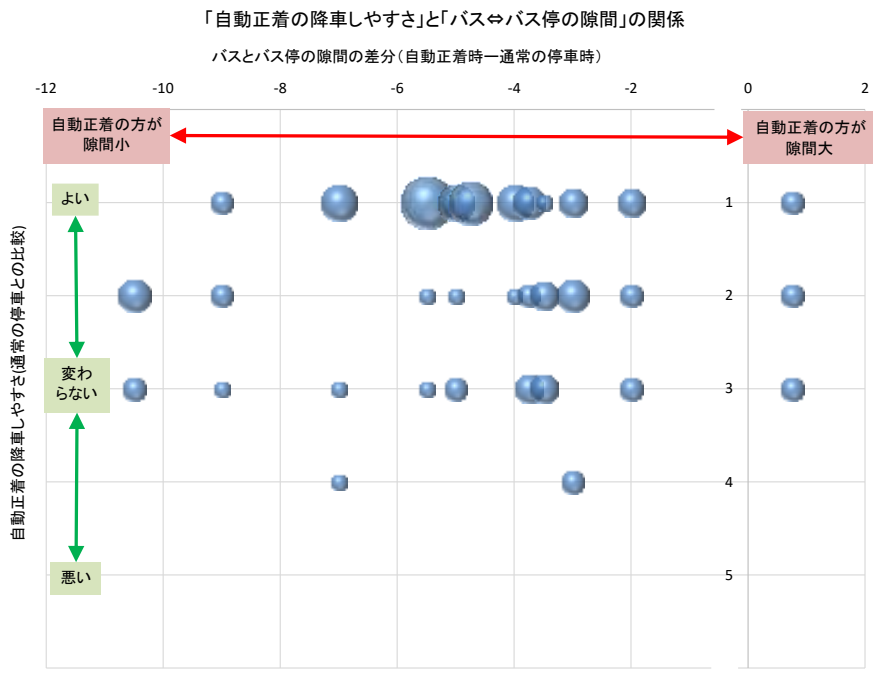


図 3-18 「自動正着」時、「通常の停車」時の隙間と「降車しやすさ」の評価結果の関係

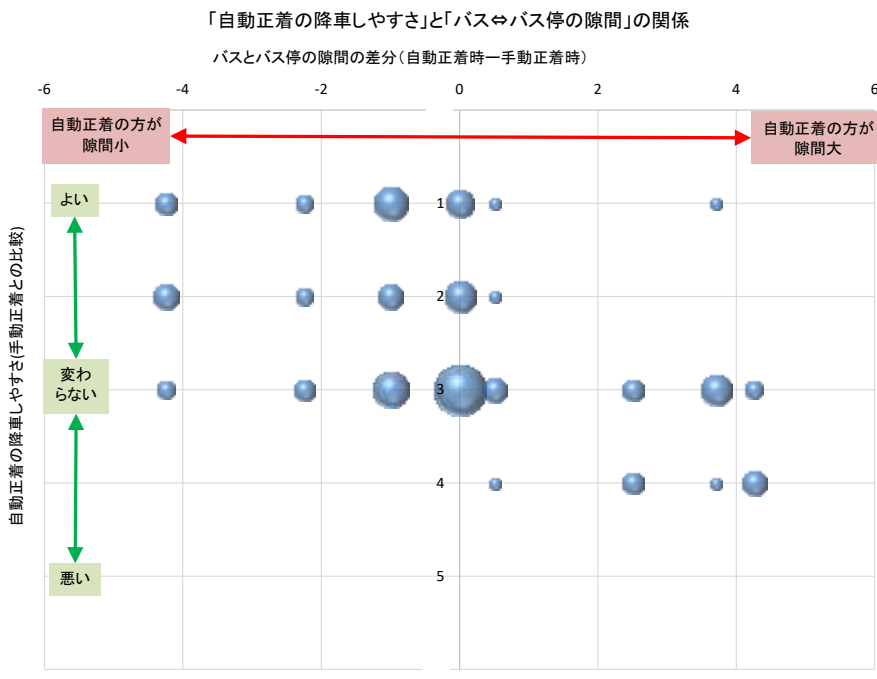


図 3-19 「自動正着」時、「手動正着」時の隙間と「降車しやすさ」の評価結果の関係

④ 「自動正着」のバス停での降車のしやすさ（バスとバス停の段差の観点からみた降車のしやすさ）について

「自動正着」と「通常の停車」を比較すると、バスとバス停の段差が小さく、「自動正着」の方が降車しやすいと回答したモニターが全体の73%を占めている。

本実証実験では、「自動正着」、「手動正着」の停車パターンでは、実運行時にバスの乗降口とバス停の段差がなくなるようにバス停のバリアフリー化が図られるとの想定のもと、バス停側に可搬型の乗降台を設置した。一方で、「通常の停車」のパターンでは、現在運行されている多くのバスの状況を再現するため、可搬型の乗降台は設置せず、車いす利用者が乗降するときのみ、バス運転手がバスに備え付けられたスロープ板を設置した[※]。

このため、「通常の停車」と比較して「自動正着」の方が段差が小さく、降車しやすいとの評価が得られたと考えられる。

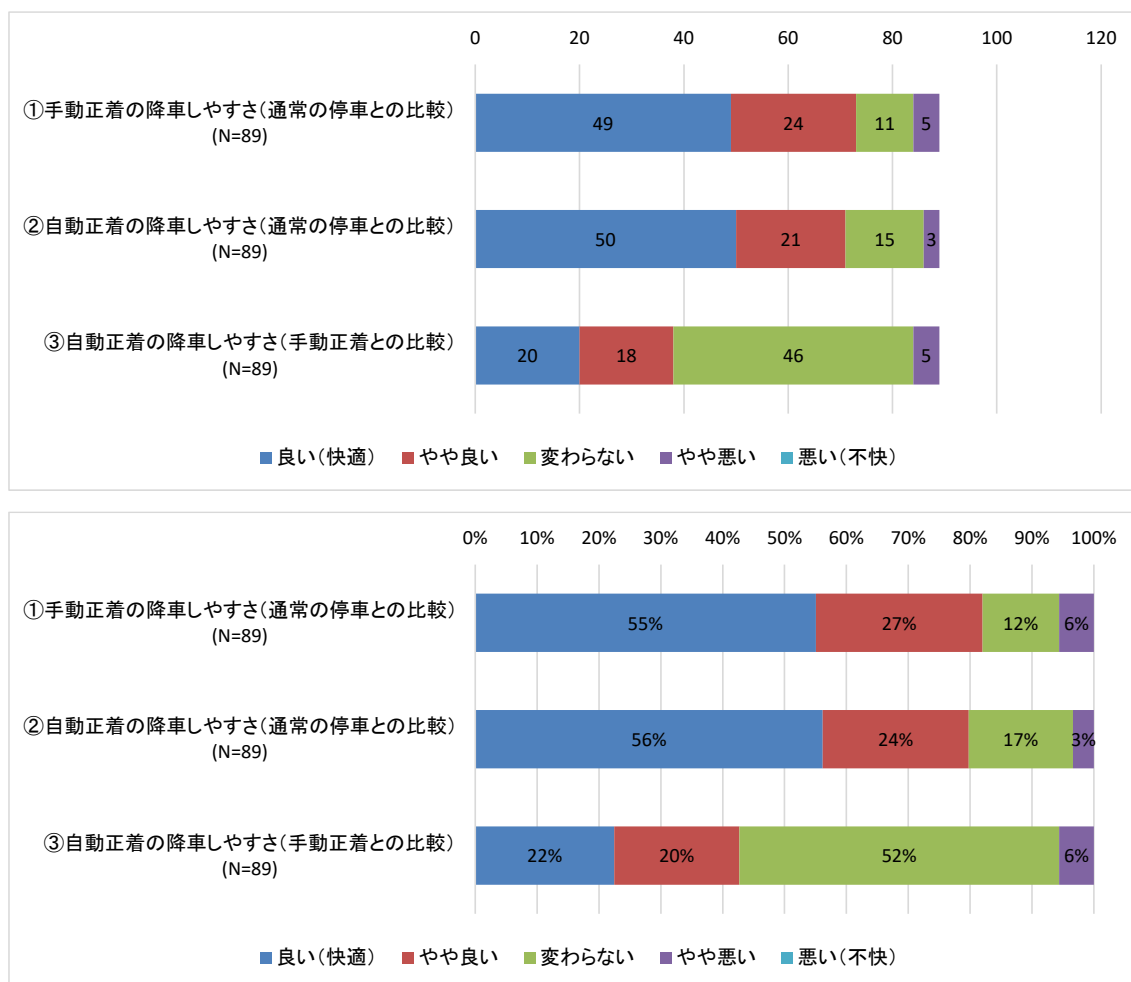


図 3-20 「自動正着」のバス停での降車しやすさ（段差）に対する評価

※ 「自動正着」、「手動正着」が実運行に導入される際には、バス停のバリアフリー化（バスとの段差がなくなるような構造となるなど）が実現するとの想定のもと、「自動正着」、「手動正着」の停車パターンでは、バス停側に可搬型の乗降台を取り付けて実験を行った。

なお、前図をみると、「自動正着」と「手動の停車」を比較しても、「自動正着」の方が降車しやすいと回答したモニターが全体の 42% を占め、降車しづらいと回答したモニター（全体の 6%）を上回っている。前述したとおり、本実証実験では、「自動正着」と「手動正着」はバスとバス停との間に段差がないにも関わらず、前者の方が段差の観点から降車しやすいとの評価となっている理由は、“隙間”が平均的に狭い「自動正着」の方が、“段差”も小さいとモニターが感じた可能性がある。

以下の図は、各モニターの“段差”の観点からみた自動正着の降車しやすさ（手動正着との比較）の評価結果と、“隙間”の観点からみた自動正着の降車しやすさ（手動正着との比較）の評価結果のプロットしたものである。両者の結果は概ね一致しており、モニターは“隙間”が狭ければ“段差”も小さいと感じていた可能性がある。

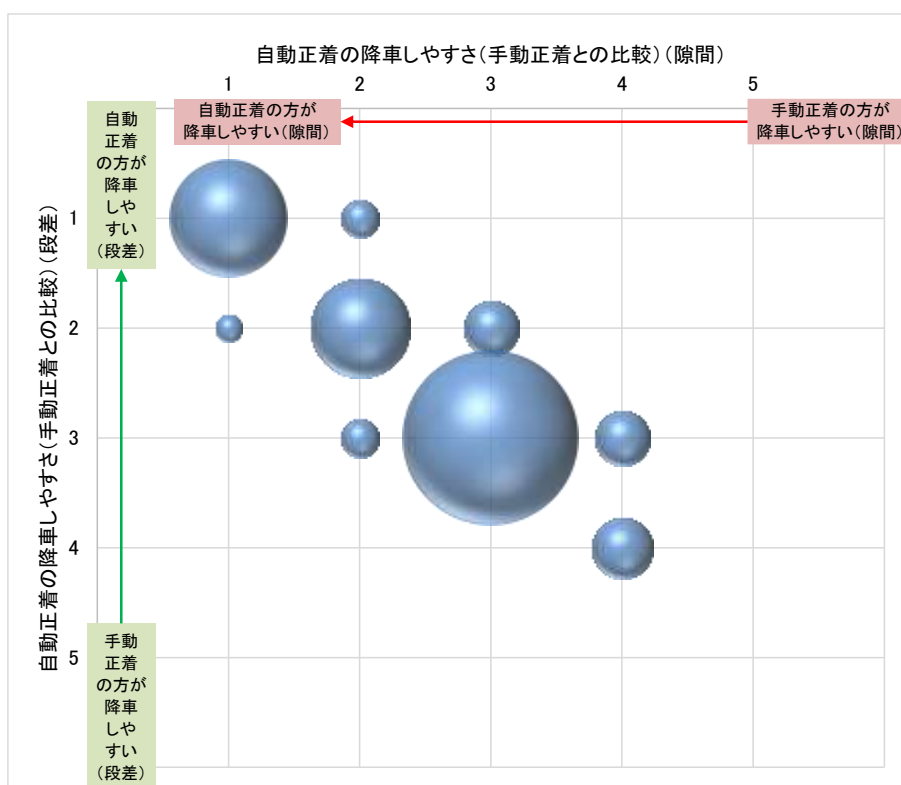


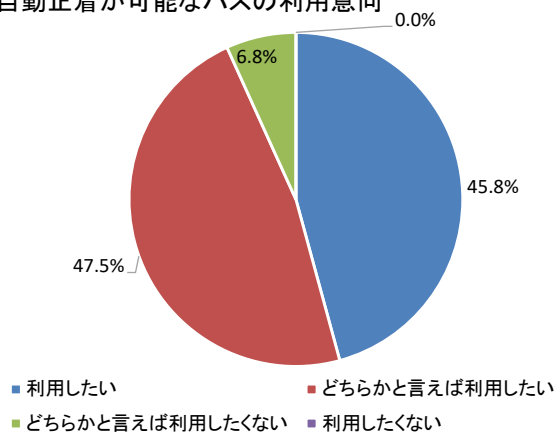
図 3-21 “段差”の観点からみた自動正着の降車しやすさ（手動正着との比較）の評価結果と“隙間”の観点からみた自動正着の降車しやすさ（手動正着との比較）の評価結果の関係

⑤ 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。

自動正着が可能なバスの利用意向



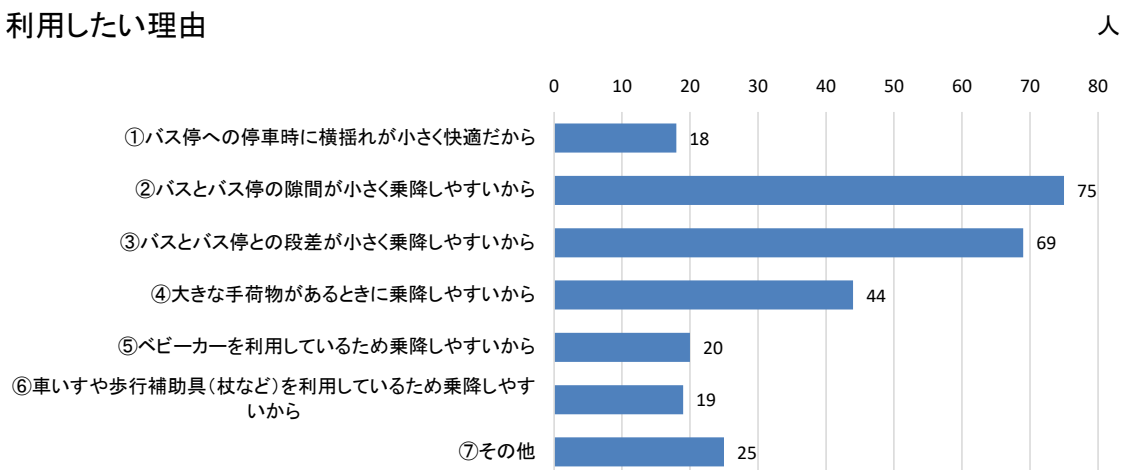
利用意向	人数	構成比
利用したい	54	45.8%
どちらかと言えば利用したい	56	47.5%
どちらかと言えば利用したくない	8	6.8%
利用したくない	0	0.0%
総計	118	100.0%

図 3-22 自動正着バスの今後の利用意向

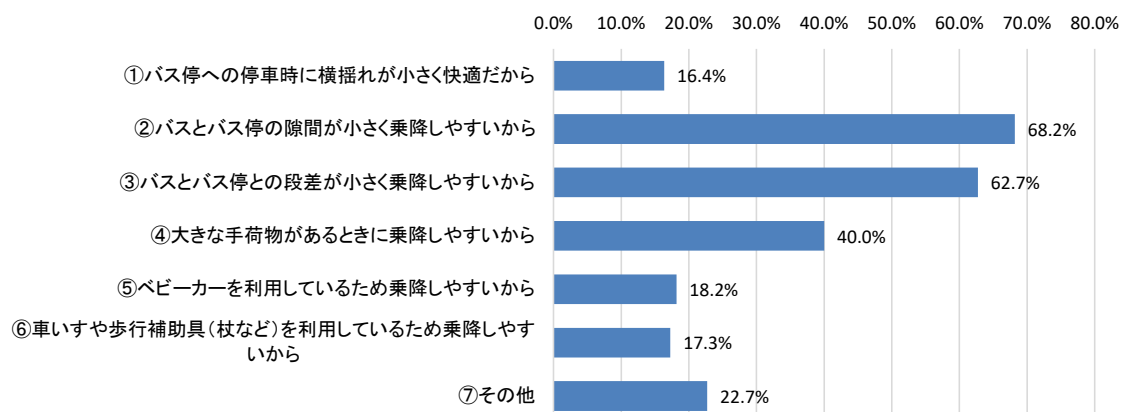
【利用したい理由】

「利用したい理由」は、「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6割強と多い。先に説明したバス停での乗降のしやすさが、自動正着の利用意向に影響している。

利用したい理由



利用したい理由（構成比）



利用したい理由	人数	構成比
①バス停への停車時に横揺れが小さく快適だから	18	16.4%
②バスとバス停の隙間が小さく乗降しやすいから	75	68.2%
③バスとバス停との段差が小さく乗降しやすいから	69	62.7%
④大きな手荷物があるときに乗降しやすいから	44	40.0%
⑤ベビーカーを利用しているため乗降しやすいから	20	18.2%
⑥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	19	17.3%
⑦その他	25	22.7%

図 3-23 利用したい理由

※注：「⑦その他」の具体的な内容

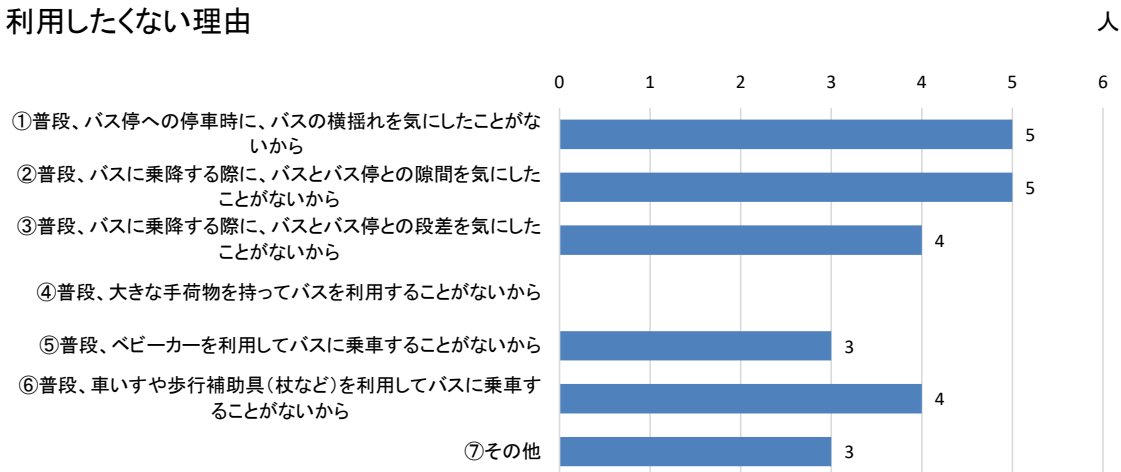
- ・運転手の技量に左右されないから(4名)
- ・最新の技術の恩恵に触れてみたいから(2名)
- ・スロープを出す、しまう手間がなくスムーズに乗降できるから(車いす利用)(1名)
- ・乗降時に運転手の手をわずらわさなくてよい(1名)
- ・ドライバーの負荷軽減(1名)
- ・高齢者と一緒の場合、安心(1名)
- ・小さな子供も乗降しやすいから(3名)
- ・小さい子を連れていく時に乗り降りしやすい(2名)
- ・子供が車いすでの移動での介助でバスを利用して食事などに連れていきたい為(1名)
- ・雨の日にぬれにくい(バス停の屋根とのすきまが少なくなるから)(1名)
- ・ヒールの靴の時に乗り降りしやすそう(1名)
- ・丈の長い服でつまづく事がなく乗降しやすい(1名)
- ・他の利用客の乗降がスムーズで普通のバスよりも早く下車できるから(1名)
- ・段差がないので足腰に響かなくて楽(1名)
- ・静か(1名)
- ・普通のバスと良い意味で変化が無い(1名)
- ・各市町村で走るなら利用したい。現在車を運転しているが、今後返却すれば利用する(1名)
- ・今後の交通機関のあり方を見据えて未来の形に寄り添いたい(1名)

図 3-24 利用したい理由（その他意見）

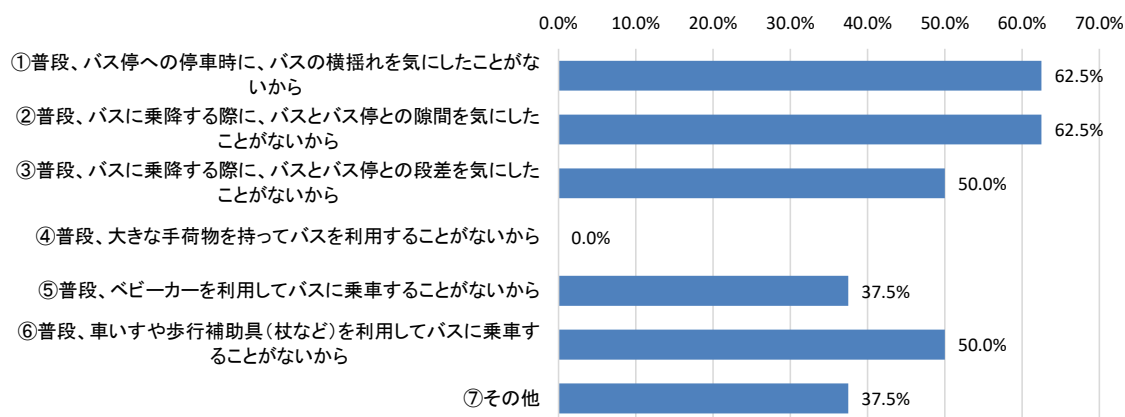
【利用したくない理由】

「利用したくない」と回答したモニターの人数は非常に少ないが、回答者が挙げた「利用したくない理由」の中では、「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」、「③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」が多い。

利用したくない理由



利用したくない理由（構成比）



利用したくない理由	人数	構成比
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	5	62.5%
② 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	5	62.5%
③ 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	4	50.0%
④ 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		0.0%
⑤ 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	3	37.5%
⑥ 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	4	50.0%
⑦ その他	3	37.5%

図 3-25 利用したくない理由

※注:「⑦その他」の具体的な内容

- ・バスの乗り降りで、不便を感じたことがあまりない(1名)
- ・ラインに合わせる時に少し不快な横揺れを感じた(1名)
- ・通常時はスロープがあるため隙間がないが、BRTでは隙間が発生しているため、恐怖感がある(1名)

図 3-26 利用したくない理由（その他意見）

⑥ 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、「思う」、「どちらかと言えば思う」と回答した人が大部分を占めている。

自動正着が可能なバスの普及意向

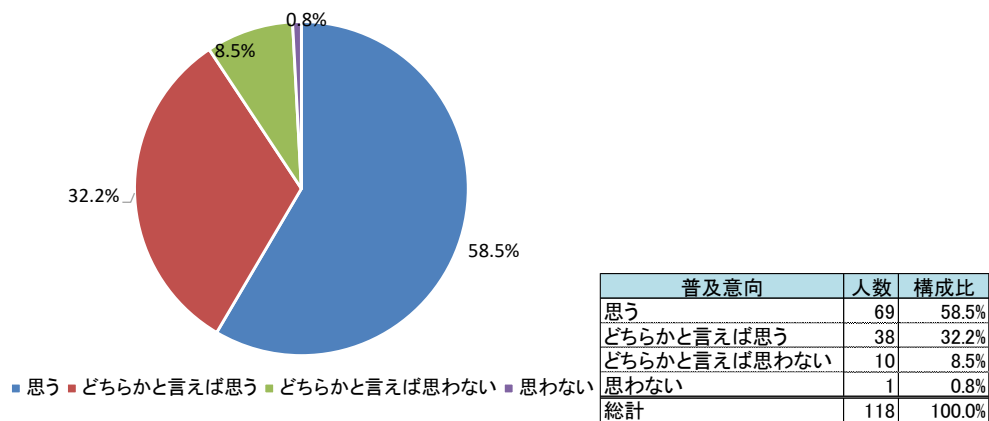


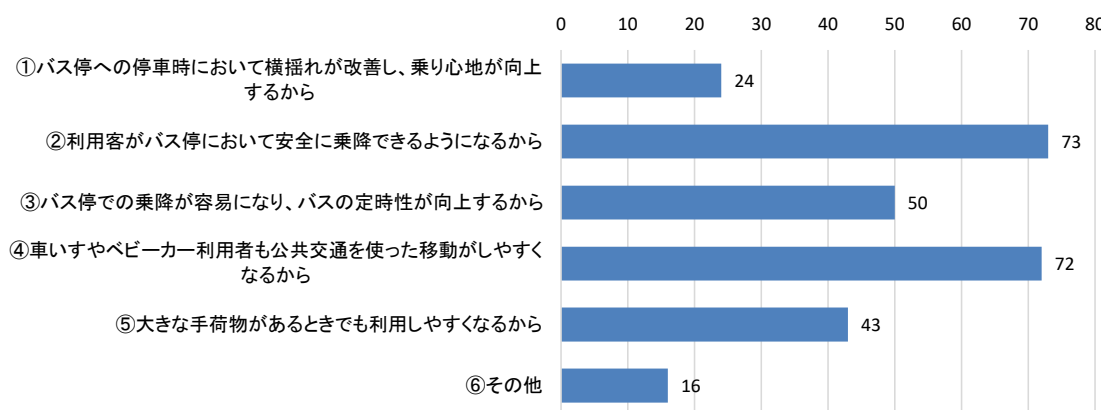
図 3-27 自動正着バスの普及に対する意向

【普及して欲しい理由】

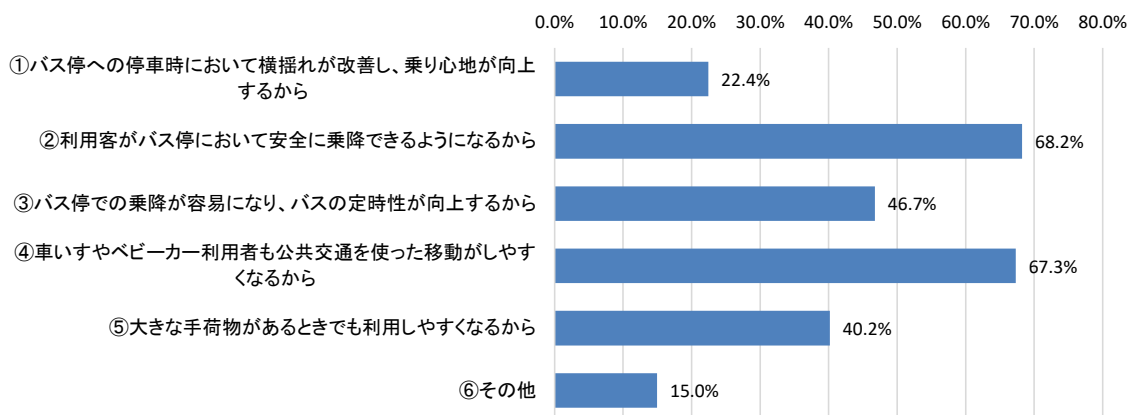
普及して欲しい理由は、「利用客がバス停において安全に乗降できるようになるから」、「車いすやベビーカー利用者も公共交通を使った移動がしやすくなるから」が多い。先に説明したバス停での乗降のしやすさが、自動正着の普及意向にも影響している。

普及してほしい理由

人



普及してほしい理由（構成比）



普及してほしい理由	人数	構成比
①バス停への停車時において横揺れが改善し、乗り心地が向上するから	24	22.4%
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	73	68.2%
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	50	46.7%
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	72	67.3%
⑤大きな手荷物があるときでも利用しやすくなるから	43	40.2%
⑥その他	16	15.0%

図 3-28 自動正着バスが普及して欲しい理由

※注:「⑦その他」の具体的な内容

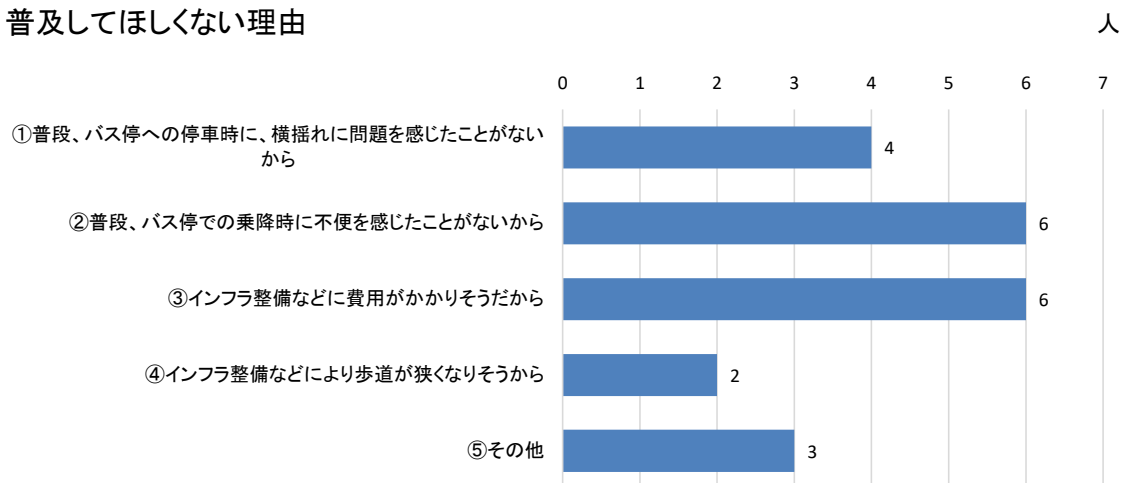
- ・運転手の技量に左右されないから(4名)
- ・優れた技術はどんどん使うべきだと思うため(1名)
- ・バス会社によるドライバーの技術差が埋まる一因になるから(1名)
- ・スロープを出す、しまう手間がなくスムーズに乗降できるから(車いす利用)(1名)
- ・車いすの方も運転手さんが運転席から出ることなく自分で乗り降りできるから(1名)
- ・乗り降りにかかる時間が短くなる(バスを寄せ直したり、乗っている方にも嫌な顔をされたりしたので)(1名)
- ・ドライバーの負荷軽減(1名)
- ・運転手不足の解消につながるかもしれないから(1名)
- ・雨にぬれにくい(乗降時)(1名)
- ・段差や乗り心地を含めたユーザー体験が移動の心的障壁を上げている。
それが下がることでユニバーサルな世の中になると思う(1名)
- ・高齢化社会では必需品と思うので(1名)
- ・事故防止(1名)
- ・路上駐車による変則的な遅延が少なくなる可能性がある(ルートが明記されることで路駐が減る)(1名)

図 3-29 普及してほしい理由（その他意見）

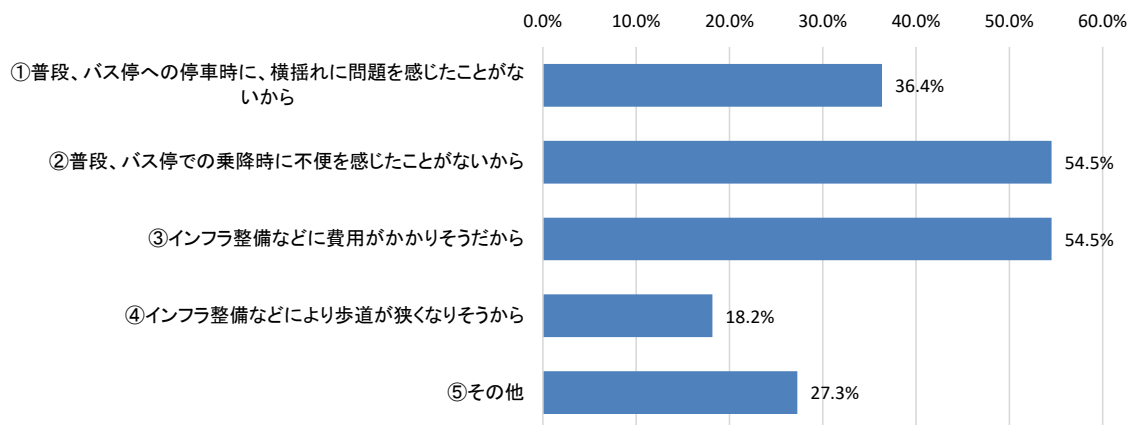
【普及して欲しくない理由】

「普及してほしくない」と回答したモニターの人数は非常に少ないが、回答者が挙げた「普及してほしくない理由」の中では、「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」が多い。

普及してほしくない理由



普及してほしくない理由（構成比）



普及してほしくない理由	人数	構成比
①普段、バス停への停車時に、横揺れに問題を感じたことがないから	4	36.4%
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	6	54.5%
③インフラ整備などに費用がかかりそうだから	6	54.5%
④インフラ整備などにより歩道が狭くなりそうから	2	18.2%
⑤その他	3	27.3%

図 3-30 自動正着バスが普及して欲しくない理由

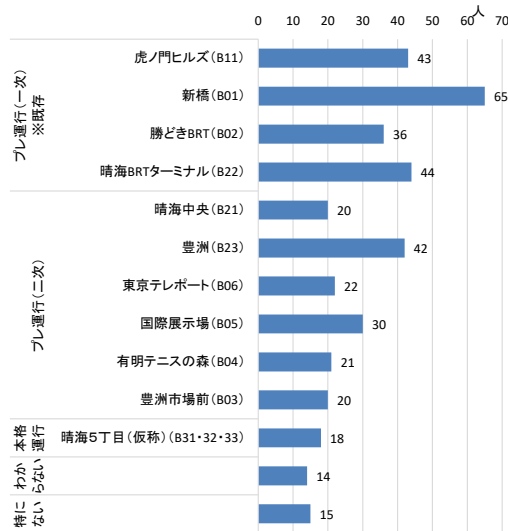
※注:「⑦その他」の具体的な内容

- BRTは快速で、バス停が少なく安心、時間もほぼ正確なので自動が良い。
しかし都バスなどの生活密着型は、渋滞が多く混雑しており、時間ロスが出そうな気がする。
又、バス停に車が停まっていたりして、確実性が感じにくいから(1名)
- バスの停車がゆっくりになってしまうから運転手の方の技術の方が確実そう(1名)
- 住宅街、商店街など駐車、停車、車両が日常的にあり、エリア関係なく一律の導入は現実的でない(1名)

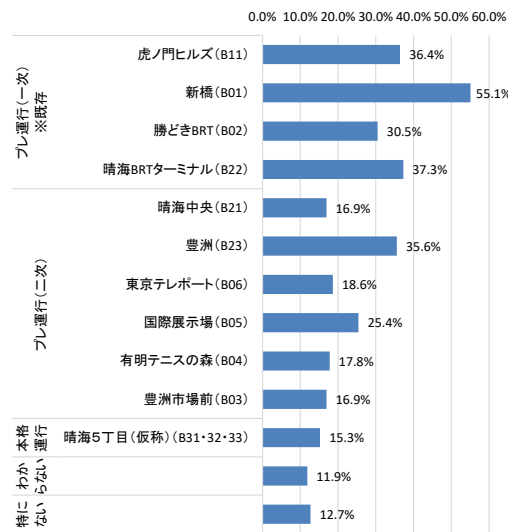
図 3-31 普及してほしくない理由（その他意見）

⑦ 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。



(構成比)



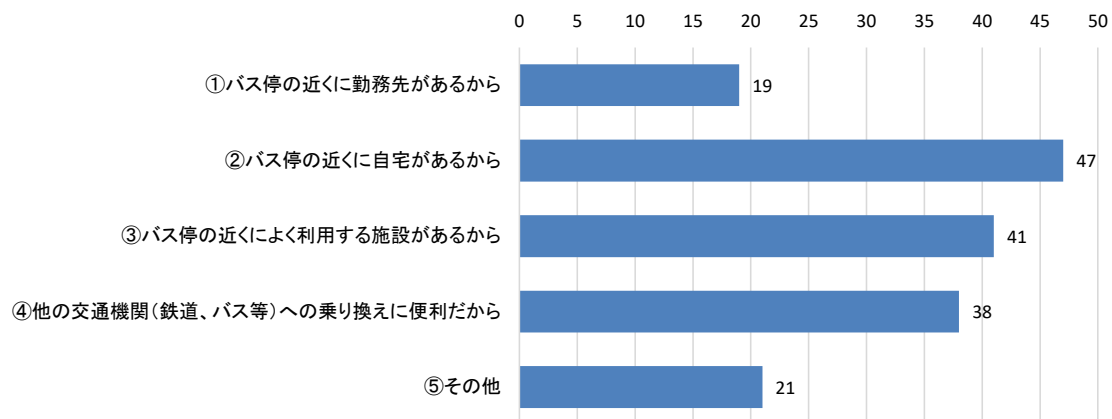
バス停		人数	構成比
ブレ運行 (一次) ※既存	虎ノ門ヒルズ(B11)	43	36.4%
	新橋(B01)	65	55.1%
	勝どきBRT(B02)	36	30.5%
	晴海BRTターミナル(B22)	44	37.3%
ブレ運行 (二次)	晴海中央(B21)	20	16.9%
	豊洲(B23)	42	35.6%
	東京テレポート(B06)	22	18.6%
	国際展示場(B05)	30	25.4%
	有明テニスの森(B04)	21	17.8%
本格運行	豊洲市場前(B03)	20	16.9%
	晴海5丁目(仮称)(B31・32・33)	18	15.3%
わからない		14	11.9%
特にない		15	12.7%

図 3-32 自動正着を導入して欲しいバス停

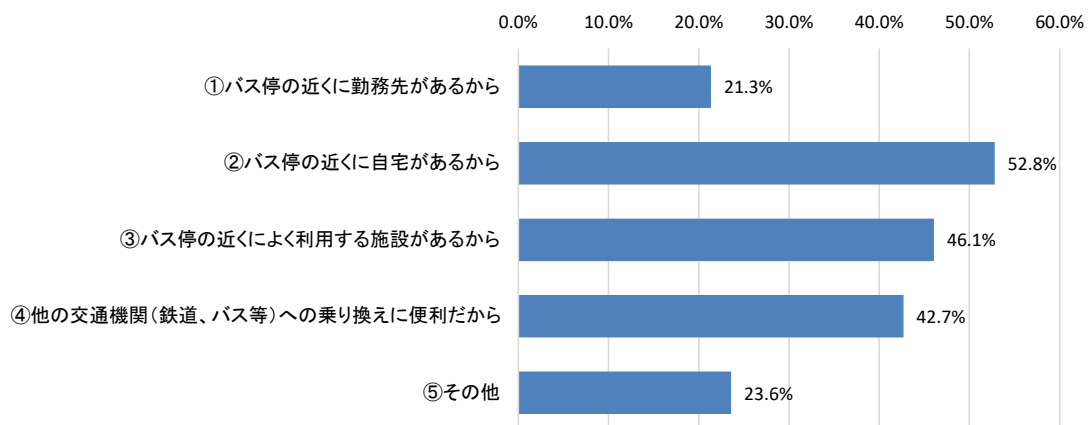
導入して欲しい理由は、「自宅があるから」、「よく利用する施設があるから」、「他の交通機関への乗り換えに便利だから」といった回答が多い。

バス停の選択理由

人



バス停の選択理由（構成比）



バス停の選択理由	人数	構成比
①バス停の近くに勤務先があるから	19	21.3%
②バス停の近くに自宅があるから	47	52.8%
③バス停の近くによく利用する施設があるから	41	46.1%
④他の交通機関(鉄道、バス等)への乗り換えに便利だから	38	42.7%
⑤その他	21	23.6%

図 3-33 導入して欲しい理由

※注:「⑤その他」の具体的な内容

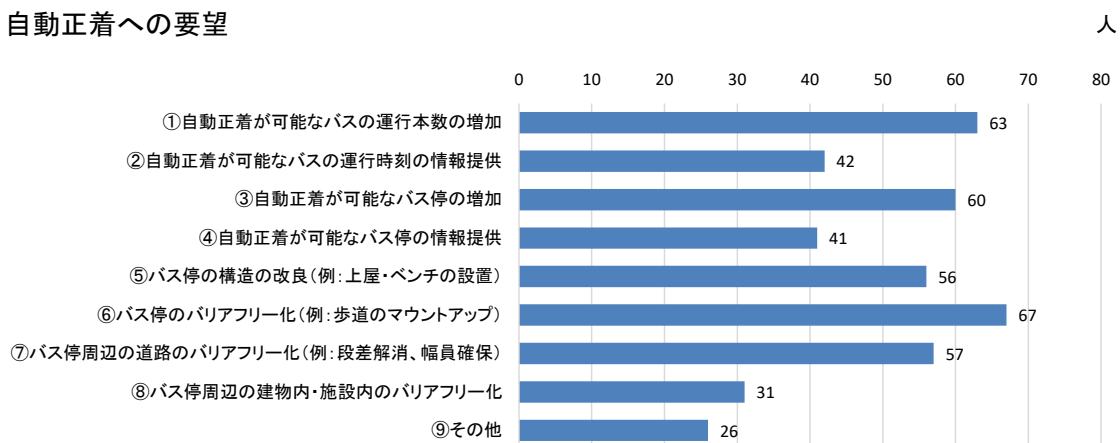
- ・バス停全てになってほしい(6名)
- ・正着してほしくない理由がない
- ・どの場所が自動でどの場所がそうでないのか・・・を考えたり覚えたり調べたりが面倒臭い
- ・有明ガーデンにも停まってほしい
- ・勝どきBRTはバス必須
- ・市場へ早く来てほしい
- ・正着制御に使う緑色のラインが消えにくいバス停→普段バスのみが通る道に設置されたバス停(一般の自動車などによってラインが消される心配がないため)
(※虎ノ門ヒルズ(B11)、晴海BRTターミナル(B22)を選択)
- ・イベントや学会等で利用することがある。
様々な方が出入りするので、段差や隙間がないのは利用しやすくて良いと思う
(※国際展示場(B05)を選択)
- ・メインになるターミナルだから
(※虎ノ門ヒルズ(B11)、晴海BRTターミナル(B22)、晴海中央(B21)、国際展示場(B05)を選択)
- ・高齢者など、サポートの必要な住民の方が、路線の圏内では比較的多そうな地区であり、ニーズが高いと思われるので(※勝どきBRT(B02)、晴海5丁目(仮称)(B31・32・33)を選択)
- ・今後利用する可能性があると思われる路線だから(※新橋(B01)、有明テニスの森(B04)を選択)
- ・道幅が広く3車線で実験しやすいと思うから(※東京テレポート(B06)、国際展示場(B05)を選択)
- ・住民の利用の多そうな所
(※虎ノ門ヒルズ(B11)、勝どきBRT(B02)、晴海中央(B21)、晴海5丁目(仮称)(B31・32・33)を選択)
- ・整備の実現可能性が高そうだから
(※虎ノ門ヒルズ(B11)、新橋(B01)、晴海BRTターミナル(B22)、豊洲(B23)を選択)
- ・比較的長時間停車する起終点で自動正着技術を導入すると
安全性や快適性の向上においてより効果的だと感じたから
(※虎ノ門ヒルズ(B11)、新橋(B01)、晴海BRTターミナル(B22)を選択)
- ・利用者の多いと思われる停留所と考えられるため(駅、施設など)
(※虎ノ門ヒルズ(B11)、新橋(B01)、勝どきBRT(B02)、豊洲(B23)、国際展示場(B05)、有明テニスの森(B04)を選択)

図 3-34 導入して欲しい理由(その他意見)

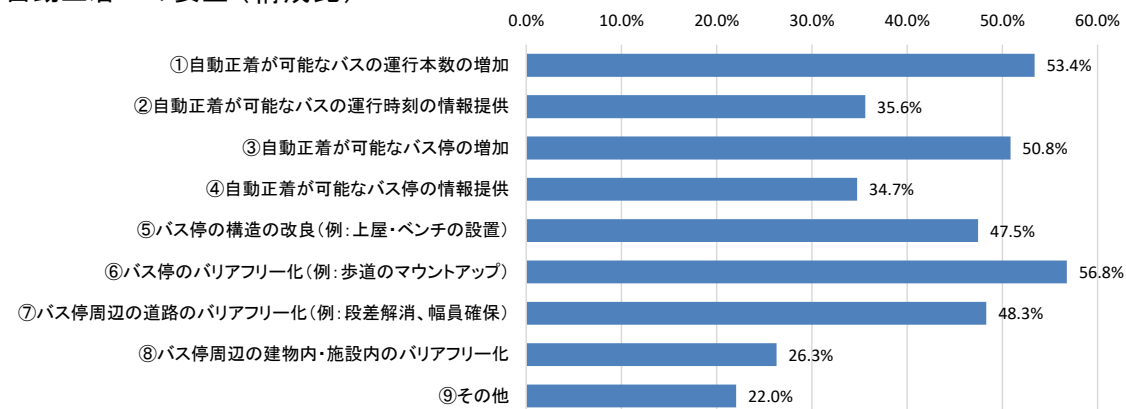
⑧ 自動正着への要望

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の運行本数の増加」、「自動正着が可能なバス停の増加」の割合が高い。

自動正着への要望



自動正着への要望（構成比）



自動正着への要望	人数	構成比
①自動正着が可能なバスの運行本数の増加	63	53.4%
②自動正着が可能なバスの運行時刻の情報提供	42	35.6%
③自動正着が可能なバス停の増加	60	50.8%
④自動正着が可能なバス停の情報提供	41	34.7%
⑤バス停の構造の改良(例:上屋・ベンチの設置)	56	47.5%
⑥バス停のバリアフリー化(例:歩道のマウントアップ)	67	56.8%
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)	57	48.3%
⑧バス停周辺の建物内・施設内のバリアフリー化	31	26.3%
⑨その他	26	22.0%

図 3-35 自動正着への要望

※注:「⑨その他」の具体的な内容

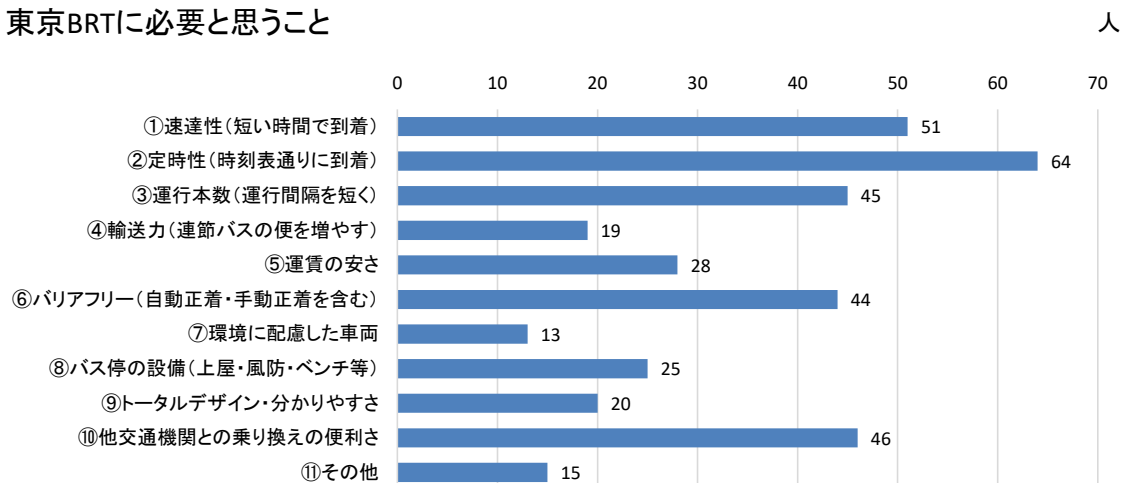
- ・自動正着と手動正着の両方をバス停の特性に合わせて使い分けて使用してほしい。
 - ・自動正着→バスのみが使用する道でラインが消えるのに時間がかかるバス停(晴海BRTターミナルなど)
 - ・手動正着→バスだけでなく一般の車も通る道に設置されているバス停(現在の新橋や勝どきBRTなど)
 - ・速度が遅く感じたのでもう少し速くしてほしい
 - ・バス停付近に他の車が駐停車しないようにする
 - ・乗降口以外、道路に出られないようにする(電車のホームドアのようなイメージ)
 - ・3パターンを体験し、自分的には「通常停車」が、車椅子の方も含め、実は一番スムーズだった気がする。
- 自動正着を推進するにあたっては、コツコツ改善を積み重ねていくことが重要になるのでは、と考える
- ・バス停が狭いと、車イスでの乗車が難しい
 - ・バス本数の増加。東京駅にもいってほしい
 - ・バリアフリー化はよいが、その結果、歩道が車道に比べて高くなりすぎるのも困る
 - ・一般の方たちへの理解(車椅子や歩行器)東京だけでなく、「地方だから…」ということなくそれぞれの地域でそれぞれの方々が暮らしやすい街づくりをできるようにしてほしい
 - ・音声アナウンスも同時に進めてほしい。QRコード読み取り道案内等も
 - ・簡単にスロープが出せるように
 - ・差別化に活かしてほしい
 - ・時間をかけず乗り降り出来ると良い。
 - ・自動正着そのものの広報
 - ・自動正着を実現するには、停留所前後の一般車両の違法駐車を改善する必要あり
 - ・車内がベビーカーであふれることになりそうなので、車内では折り畳みを要請する等、規制してほしい
 - ・水素バスの増加(割合)。乗り心地が全然違うので
 - ・晴海のBRTターミナルに、スーパーやドラッグストアなどを入れていただきたい
 - ・正着が当たり前になるように
 - ・専用バスレーン
 - ・毎日、都バスを利用しているが、バス停から離れて停車するため、歩道から1歩でバス内へ乗り降り出来ない。その原因は、「①前に車が止まっているので、歩道に寄せると発車時に困る」、「②車高が高い(特に燃料電池車)ので、バス停の屋根にかかる」とのことのようなが、②はこのシステムで問題は出ないか
 - ・早く運行してほしい
 - ・専用レーン整備などによる走行時間の短縮
 - ・東京だけでなく横浜とか関東圏にも作ってほしい
 - ・利用客のマナー向上、子供を座席にくつで立たせる、さわがせる等車内の秩序安全面向上維持向上、ソフト面を先に整備してほしい

図 3-36 自動正着への要望(その他意見)

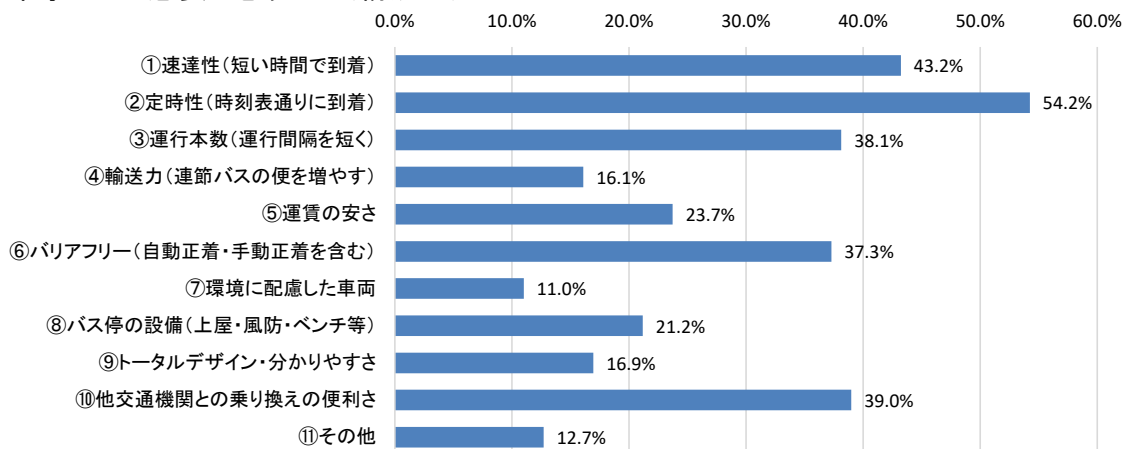
⑨ 東京 BRT に必要と思うこと

東京 BRT に必要と思うことは、「定時性（時刻表とおりに到着）」、「速達性（短い時間で到着）」、「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）」、「バリアフリー（自動正着・手動正着を含む）」の順に割合が高くなっている。

東京BRTに必要と思うこと



東京BRTに必要と思うこと（構成比）



東京BRTに必要と思うこと	人数	構成比
①速達性(短い時間で到着)	51	43.2%
②定時性(時刻表通りに到着)	64	54.2%
③運行本数(運行間隔を短く)	45	38.1%
④輸送力(連節バスの便を増やす)	19	16.1%
⑤運賃の安さ	28	23.7%
⑥バリアフリー(自動正着・手動正着を含む)	44	37.3%
⑦環境に配慮した車両	13	11.0%
⑧バス停の設備(上屋・風防・ベンチ等)	25	21.2%
⑨トータルデザイン・分かりやすさ	20	16.9%
⑩他交通機関との乗り換えの便利さ	46	39.0%
⑪その他	15	12.7%

図 3-37 東京 BRT に必要と思うこと

<p>※注:「⑩その他」の具体的な内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ・トリトンやフロントの通勤客の取り込み ・バス停に上屋をつけること ・運転手が丁寧で優しく感謝している(3名) ・バス停までの案内が分かりづらい(新橋駅) ・安全性。災害時の想定、晴海地区タワマン住民の孤立化防止含む(BCP) ・運行ルートの早期拡張(3名) ・BRTについての情報源が少ない。情報源へアクセスしやすくなると良い ・車内秩序を整えること。利用者マナー向上についてアクションをとること ・二次、本格運用を早期に開始してもらいたい(4名) ・湾岸地区になじむこと、赤チャリと同じように使われるものになってほしい
--

図 3-38 東京 BRT に必要と思うこと（その他の意見）

2) 運転者ヒアリング調査結果

2021 年度に実施した運転手へのヒアリング調査の結果は、下表に示すとおりである。

自動正着は、「バスとバス停の隙間が狭くなるため、利用者が安全に乗降できる」、「車いすは、前輪のロック止めが必要になるものの乗り降りは便利になる」といった利用者側のメリットに加えて、「車いす利用者については、乗降の際に、運転手がスロープ板を出すなどの手間が省略できる」といった運転手側のメリットが指摘されている。一方、「誘導線を読み取る時に横揺れが発生」、「バス停に路上駐車があると機能しない」といった課題も指摘されている。また、事業者からは、自動正着のシステム不良による事故発生の際に、運転手の責任が免れないことに懸念があるとの指摘もある。

表 3-6 運転手ヒアリング結果（2021 年度）

	運転手①	運転手②
個人属性	性別：男性 年齢：20 代 バス運転手歴：5 年以下	性別：男性 年齢：40 代 バス運転手歴：5～10 年
自動正着・手動正着の実施経験	[自動正着]晴海 BRT ターミナル内の練習で5回程度 [手動正着]晴海 BRT ターミナル内の練習で数回程度	[自動正着]晴海 BRT ターミナル内の練習で1～2回程度 [手動正着]晴海 BRT ターミナル内の練習で1～2回程度
車いす・ベビーカー利用者の乗車時の対応	バス停への停車時に急ブレーキを踏まないなど気を使っている	—
自動正着のメリット・デメリット	[メリット] -バスとバス停の隙間が狭くなるため、利用者が安全に乗降できる [デメリット] -誘導線を読み取る時に横揺れが発生 -通常の停車の方が気楽に停車できる -勝どき、新橋は路上駐車が多いため、本格導入するには駐車対策が必要	[メリット] -車いす利用者については、乗降の際に、運転手がスロープ板を出すなどの手間が省略できる [デメリット] -慣れるまでに少し時間がかかる -バス停に路上駐車があると機能しない -動きが若干カクカクしている -誘導線への進入時に横揺れが発生 -誘導線への進入時にいろんな角度から入っても正着できるとよい
手動正着のメリット・デメリット	—	[メリット] — [デメリット] -縁石の角にバスをぶつけそうになる

表 3-7 運転手ヒアリング結果（2021 年度）

運転手③	
個人属性	性別：男性 年齢：30代 バス運転手歴：5～10年
自動正着・手動正着の実施経験	[自動正着]東京 BRT ルートでの習熟運転時に2日程度（10回程度） [手動正着] —
車いす・ベビーカー利用者の乗車時の対応	-運転手自ら車いすにロックをかける -ベビーカーにもロックをかけるようにアナウンスする
自動正着のメリット・デメリット	[メリット] -回数をこなすと慣れて来ると思う -車いすは、前輪のロック止めが必要になるものの乗り降りは便利になる [デメリット] -誘導線進入後の横揺れ、ブレーキングが気になる -誘導線に進入する際、目印となる位置が示されていると分かりやすい -乗降の際、車いすの前輪の隙間が気になる
手動正着のメリット・デメリット	[メリット] -車いすは、前輪のロック止めが必要になるものの乗り降りは便利になる [デメリット] -定位置に確実に停車できるとよいが、手動であるため、それはなかなか難しい

(3) まとめ

モニターに対するアンケート調査、運転手に対するヒアリング調査により、正着技術によるバリアフリー化の効果や、バス利用者、バス運転手の正着技術に対する意向を把握した。

モニターに対するアンケート調査からは、主に利用者の目線からみた自動正着のメリットやデメリットが確認された。調査で確認された自動正着のメリットは、自動正着が通常の停車や手動正着と比べて、バスがバス停に安定的に隙間なく停車することが可能となるため、利用者が「乗降しやすい」と感じることである。通常の停車や手動正着は、運転手によるハンドル操作が必要となるため、バスがバス停に停車したときの隙間が大きくなりやすく、隙間の大きさが運転手の技術や経験、停車時の状況等によって変化しやすいが、自動正着では隙間が小さくなり、運転手の技術や経験等によって隙間の大きさが左右されることはあまりない。そのため、自動正着技術を適用すると、利用者が安全に安心してバスに乗り降りできる「バリアフリー化」の効果があると考えられる。また、車いす利用者、ベビーカー利用者、障害者のモニターからも、こうした乗降時の効果を評価する結果が得られた。自動正着技術は、特に、乗降に不便を感じやすい利用者（車いす利用者、ベビーカー利用者、障害者等）をサポートする効果があると考えられる。

一方、自動正着技術を用いると、バスが誘導線に進入する地点でバスの位置を誘導線の中心に合わせるために横揺れが発生することがあり、モニター調査では、この横揺れに対しては乗り心地の面から低い評価もあった。運転手に対して自動正着の運転を習熟する機会を用意するなどの対応を考える必要がある³。

バス運転手に対するヒアリング調査からは、主に運転手の目線からみた自動正着のメリットやデメリットが確認された。具体的なメリットとしては、車いす利用者が乗降する際、運転手がスロープ板を出すなどの手間が省略できるといった業務負担軽減の効果が指摘された。その一方で、誘導線を読み取る際に横揺れが発生することや、バス停に路上駐車があると自動正着技術が機能しないのではないかとといった課題も指摘された。実運行に自動正着技術を導入するためには、バス停での路上駐停車対策も必要である。

³ ただし、事業者からは、運転手は誘導線を車両中央に合わせるよりもミラーを見ながら車両左端を縁石に近づける方がやりやすいため、同じ時間を費やすなら、自動正着よりも手動正着を習熟した方が効果は高いとの指摘もある。

3.2.2 正着による乗降時の時間短縮効果

(1) 検証概要

2021年度は属性別利用者数調査を行い、2020年度に実施した乗降時間調査と合わせて、正着による乗降時の時間短縮効果の推計を行った。

1) 属性別利用者数調査

正着制御の導入によるバスの停車時間・運行時間の短縮効果、運行の定時性の確保等の効果を検証するため、東京 BRT のバス利用者に占める車いす、ベビーカー、高齢者の割合等の計測を行った。

具体的には、東京 BRT のバス 1 台の車内（バス乗降口付近）に、1 週間程度、ビデオカメラを設置し、撮影した映像を事後的に目視で確認することにより、属性別の乗客数をカウントした。

表 3-8 属性別利用者調査の概略

項目	内容
計測方法	実運行中の東京 BRT のバス車両 1 台の車内に、ビデオカメラを設置し、各バス停で乗降する乗客の数をカウントした。カウントの際には、乗客の車いす利用有無、ベビーカー利用有無、年代、乗降バス停、乗降時刻等を、映像から目視により確認し、記録した。
計測期間	2021 年 11 月 25 日（木）～12 月 2 日（木）の 8 日間

2) 正着による乗降時の時間短縮効果の推計

バス事業者から東京 BRT の特定の複数日における上り・下り別の 1 日のバス乗客数にかかるデータを入手した。このデータをもとに、平日・休日別、上り・下り別の 1 日平均のバス利用客数を推計した。

これに、「1) 属性別利用者数調査」から把握されるバス利用客数の利用時間帯の構成比、利用時間帯別の利用者属性の構成比（車いす利用者の割合、ベビーカー利用者数の割合、高齢者（70 代以上）の割合）の割合を乗じて、利用時間帯別、個人属性別の乗客数を推計した。

さらに、この結果に、2020 年度に行った乗降時間調査から把握される自動正着導入による乗降時の短縮時間を乗じて、自動正着が導入された場合に、1 運行当たり、1 日当たりといった単位で、路線全体として得られる時間短縮効果を推計した。

(2) 実証実験の実施結果

1) 属性別利用者数調査の結果

実運行中の東京 BRT のバス車両 1 台の車内に 1 週間程度、ビデオカメラを設置し、バスに乗降する乗客の数をカウントした。事後的に映像を確認しながら、バス停ごとに乗降客数をカウントし、乗客の車いす利用有無、ベビーカー利用有無、年代、乗降バス停、乗降時刻等を記録した。

a. 利用客の利用時間帯構成比

バス乗客の利用時間帯分布を、平日・休日別、上り・下り別に整理した。平日の上り方面（新橋・虎ノ門方面）は、早朝の通勤・通学時間帯（6～8 時）、下り方面（晴海方面）は、夕方以降の帰宅時間帯（18～20 時）にそれぞれピークがある。

土日は、上り方面のピークは 9～11 時と平日に比べると遅い時間帯にシフトし、下り方面のピークは 15～17 時と平日に比べると早い時間帯にシフトしている。

1) 平日

上り・下り	出発時間帯	利用者数	時間帯構成比
1) 上り	1) 6-8	286	49.1%
	2) 9-11	102	17.5%
	3) 12-14	55	9.4%
	4) 15-17	44	7.5%
	5) 18-20	86	14.8%
	6) 21-22	10	1.7%
	小計	583	100.0%
2) 下り	1) 6-8	84	13.3%
	2) 9-11	34	5.4%
	3) 12-14	20	3.2%
	4) 15-17	123	19.5%
	5) 18-20	198	31.3%
	6) 21-22	173	27.4%
	小計	632	100.0%

2) 土日・祝日

上り・下り	出発時間帯	利用者数	時間帯構成比
1) 上り	1) 6-8	24	12.8%
	2) 9-11	74	39.4%
	3) 12-14	61	32.4%
	4) 15-17	16	8.5%
	5) 18-20	13	6.9%
	6) 21-22	0	0.0%
	小計	188	100.0%
2) 下り	1) 6-8	23	17.6%
	2) 9-11	9	6.9%
	3) 12-14	20	15.3%
	4) 15-17	37	28.2%
	5) 18-20	33	25.2%
	6) 21-22	9	6.9%
	小計	131	100.0%

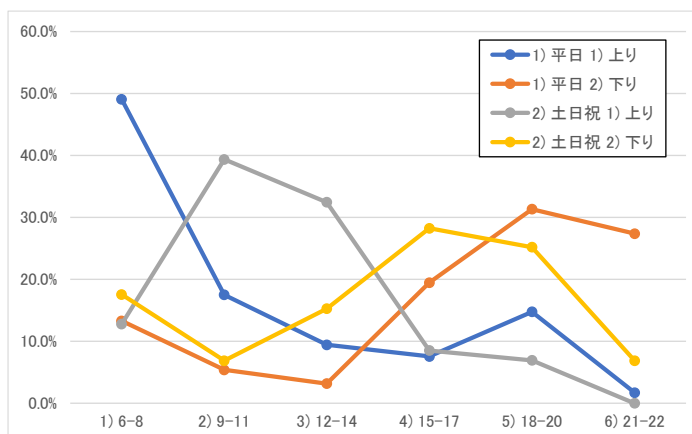


図 3-39 平休日別・上り下り別 乗客数の利用時間帯分布

※表中の利用者数は、調査対象としたバス 1 台の調査期間中(平日:6 日間、土日:2 日間)の利用者数の累計

b. 個人属性の構成比

① ベビーカー利用者の割合

バスの乗客に占めるベビーカー利用者の割合を、平日・休日別、上り・下り別、時間帯別に整理した。ベビーカー利用者は、平日においては、日中（12～17時）に散見され、1日で見ると上りで0.7%、下りで0.9%となっている。休日においては、日中を中心に利用者がみられ、平日に比べてその数は少ないものの、利用者の総数も休日平日を下回るため、1日で見ると上りで3.2%、下りで1.5%となっている。

1) 平日

上り・下り	出発時間帯	全利用者数	ベビーカー利用者数	時間帯構成比
1) 上り	1) 6-8	286	1	0.3%
	2) 9-11	102	0	0.0%
	3) 12-14	55	2	3.6%
	4) 15-17	44	1	2.3%
	5) 18-20	86	0	0.0%
	6) 21-22	10	0	0.0%
	小計	583	4	0.7%
2) 下り	1) 6-8	84	0	0.0%
	2) 9-11	34	2	5.9%
	3) 12-14	20	1	5.0%
	4) 15-17	123	2	1.6%
	5) 18-20	198	1	0.5%
	6) 21-22	173	0	0.0%
	小計	632	6	0.9%

2) 土日・祝日

上り・下り	出発時間帯	全利用者数	ベビーカー利用者数	時間帯構成比
1) 上り	1) 6-8	24	0	0.0%
	2) 9-11	74	4	5.4%
	3) 12-14	61	2	3.3%
	4) 15-17	16	0	0.0%
	5) 18-20	13	0	0.0%
	6) 21-22	0	0	-
	小計	188	6	3.2%
2) 下り	1) 6-8	23	0	0.0%
	2) 9-11	9	0	0.0%
	3) 12-14	20	0	0.0%
	4) 15-17	37	1	2.7%
	5) 18-20	33	1	3.0%
	6) 21-22	9	0	0.0%
	小計	131	2	1.5%

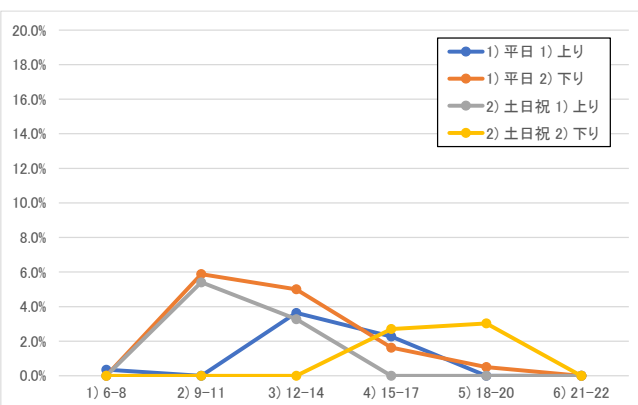


図 3-40 平休別・上り下り別 乗客数に占めるベビーカー利用者の割合

※表中の利用者数は、調査対象としたバス1台の調査期間中(平日:6日間、土日:2日間)の利用者数の累計

② 車いす利用者の割合

バスの乗客に占める車いす利用者の割合を、平日・休日別、上り・下り別、時間帯別に整理した。車いす利用者は、計測期間中、休日の 12～14 時に上り方向のバスに 1 人だけ確認された。

3.2.1 節で説明したバリアフリー化効果の検証のためのアンケート調査では、車いす利用者のモニターから、運転手の手を煩わせたくない、他の乗客を待たせたくない、との理由から、バスの利用を敬遠する傾向があることが確認されている。

こうした理由により、東京 BRT においても、現時点では、車いす利用者の乗客が決して多くはない状況であると思われる。

1) 平日

上り・下り	出発時間帯	全利用者数	車いす利用者数	時間帯構成比
1) 上り	1) 6-8	286	0	0.0%
	2) 9-11	102	0	0.0%
	3) 12-14	55	0	0.0%
	4) 15-17	44	0	0.0%
	5) 18-20	86	0	0.0%
	6) 21-22	10	0	0.0%
	小計	583	0	0.0%
2) 下り	1) 6-8	84	0	0.0%
	2) 9-11	34	0	0.0%
	3) 12-14	20	0	0.0%
	4) 15-17	123	0	0.0%
	5) 18-20	198	0	0.0%
	6) 21-22	173	0	0.0%
	小計	632	0	0.0%

2) 土日・祝日

上り・下り	出発時間帯	全利用者数	車いす利用者数	時間帯構成比
1) 上り	1) 6-8	24	0	0.0%
	2) 9-11	74	0	0.0%
	3) 12-14	61	1	1.6%
	4) 15-17	16	0	0.0%
	5) 18-20	13	0	0.0%
	6) 21-22	0	0	0.0%
	小計	188	1	0.5%
2) 下り	1) 6-8	23	0	0.0%
	2) 9-11	9	0	0.0%
	3) 12-14	20	0	0.0%
	4) 15-17	37	0	0.0%
	5) 18-20	33	0	0.0%
	6) 21-22	9	0	0.0%
	小計	131	0	0.0%

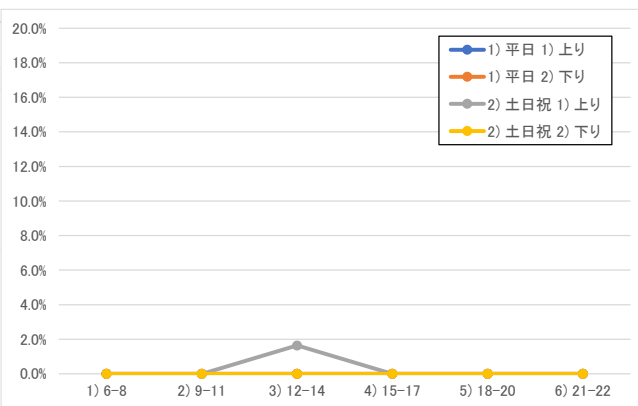


図 3-41 平休別・上り下り別 乗客数に占める車いす利用者の割合

※表中の利用者数は、調査対象としたバス 1 台の調査期間中(平日:6 日間、土日:2 日間)の利用者数の累計

③ 高齢者の割合

バスの乗客に占める高齢者（70代以上）の割合を、平日・休日別、上り・下り別、時間帯別に整理した。高齢者は、平日については、上り方向が12～14時、下り方向が9～14時と、通勤・通学、帰宅時間帯以外の時間帯に比較的割合が高い。休日については、上り方向が9～14時、下り方向が朝や夜の時間帯に割合が高い。平日・休日ともに1日でみると2%程度の割合となっている。

1) 平日

上り・下り	出発時間帯	全利用者数	高齢者利用者数	時間帯構成比
1) 上り	1) 6-8	286	4	1.4%
	2) 9-11	102	4	3.9%
	3) 12-14	55	4	7.3%
	4) 15-17	44	1	2.3%
	5) 18-20	86	0	0.0%
	6) 21-22	10	0	0.0%
	小計	583	13	2.2%
2) 下り	1) 6-8	84	0	0.0%
	2) 9-11	34	4	11.8%
	3) 12-14	20	2	10.0%
	4) 15-17	123	5	4.1%
	5) 18-20	198	0	0.0%
	6) 21-22	173	1	0.6%
	小計	632	12	1.9%

2) 土日・祝日

上り・下り	出発時間帯	全利用者数	高齢者利用者数	時間帯構成比
1) 上り	1) 6-8	24	0	0.0%
	2) 9-11	74	2	2.7%
	3) 12-14	61	1	1.6%
	4) 15-17	16	0	0.0%
	5) 18-20	13	0	0.0%
	6) 21-22	0	0	-
	小計	188	3	1.6%
2) 下り	1) 6-8	23	1	4.3%
	2) 9-11	9	0	0.0%
	3) 12-14	20	0	0.0%
	4) 15-17	37	1	2.7%
	5) 18-20	33	0	0.0%
	6) 21-22	9	1	11.1%
	小計	131	3	2.3%

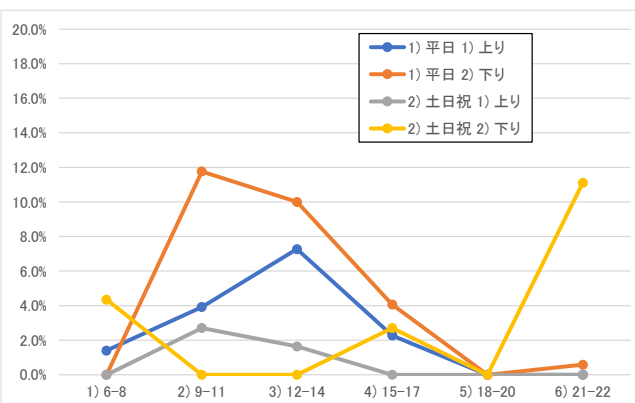


図 3-42 平日別・上り下り別 乗客数に占める高齢者の割合

※表中の利用者数は、調査対象としたバス1台の調査期間中(平日:6日間、土日:2日間)の利用者数の累計

2) 正着による乗降時の時間短縮効果の評価

a. 推計方法

バス事業者から入手した東京 BRT の利用客数のデータから、平日・休日別、上り・下り別の平均的な 1 日のバス利用者の総数を推計した。

これに、1) で説明したバス乗客の利用時間帯の構成比、利用時間帯別の利用者属性の構成比（車いす利用者の割合、ベビーカー利用者数の割合、高齢者（70 代以上）の割合）の割合を乗じ、利用時間帯別、利用者属性別の乗客数を推計した。

最後に、この結果に、2020 年度調査で得られた自動正着導入による利用者属性別の乗降時間差を乗じ、自動正着が導入された場合に、1 運行当り、1 日当りの単位で、路線全体として得られる時間短縮効果を推計した。

以下に、時間短縮効果の推計フローを示す。

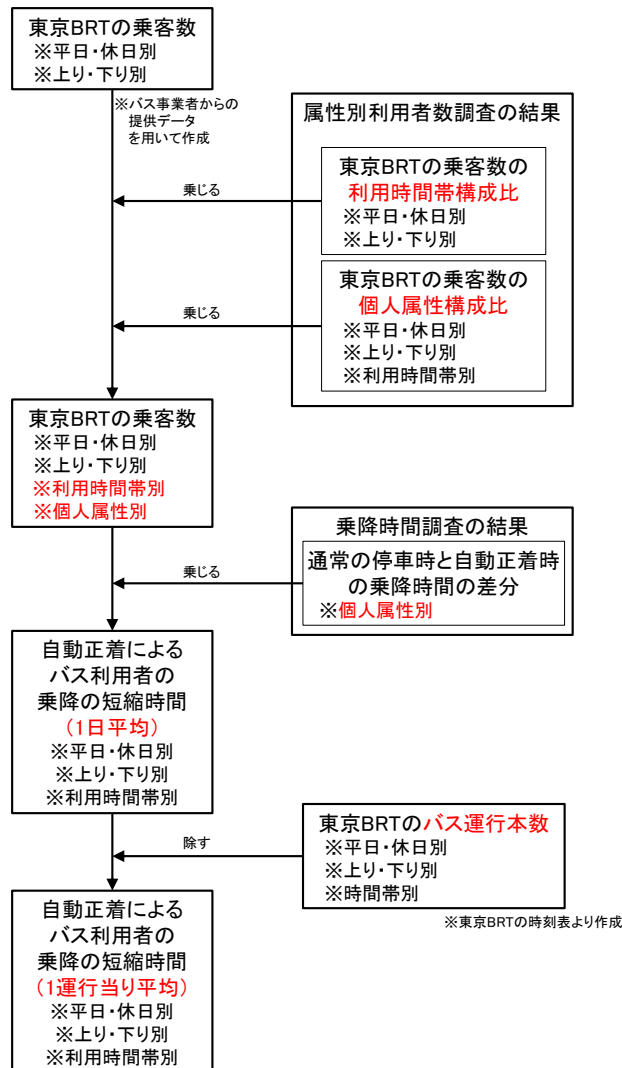


図 3-43 乗降時の時間短縮効果の算出フロー

なお、時間短縮効果は以下の前提条件のもとで推計を行った。

表 3-9 推計の前提条件

①東京 BRT のすべてのバス停で自動正着が導入される場合を想定
②東京 BRT の利用者の総数は、バス事業者の提供データをもとに、2021 年 11 月 25 日(木)~28 日(日)の平休別の平均的な利用者数を推計して設定
③利用者数に占める車いす利用者、ベビーカー利用者、高齢者(70 代以上)の割合は、属性別利用者数調査の結果を適用
④東京 BRT の時間帯別の便数、各便の所要時間は、2021 年 11 月現在の時刻表をもとに設定

b. 推計結果

以上の推計方法で推計した結果を示す。

全日の1運行当り平均で見ると、自動正着を全バス停で導入したと想定すると、上り方向のバスで10秒前後、下り方向のバスで7～8秒程度の所要時間の短縮が見込まれる。利用者数が少なく、乗降時間がさほどかかっていないバス便を含めた平均値となるため、効果としては必ずしも大きくないものの、乗客が集中する平日上り方向の6～8時、平日下り方向の18時以降をみると、20～30秒程度の時間短縮が見込まれ、効果は比較的大きい。また、休日の上り方向について、短縮時間が大きい9～11時はベビーカー利用者が比較的多く、12～14時は車いす利用者が存在した時間帯に相当している。

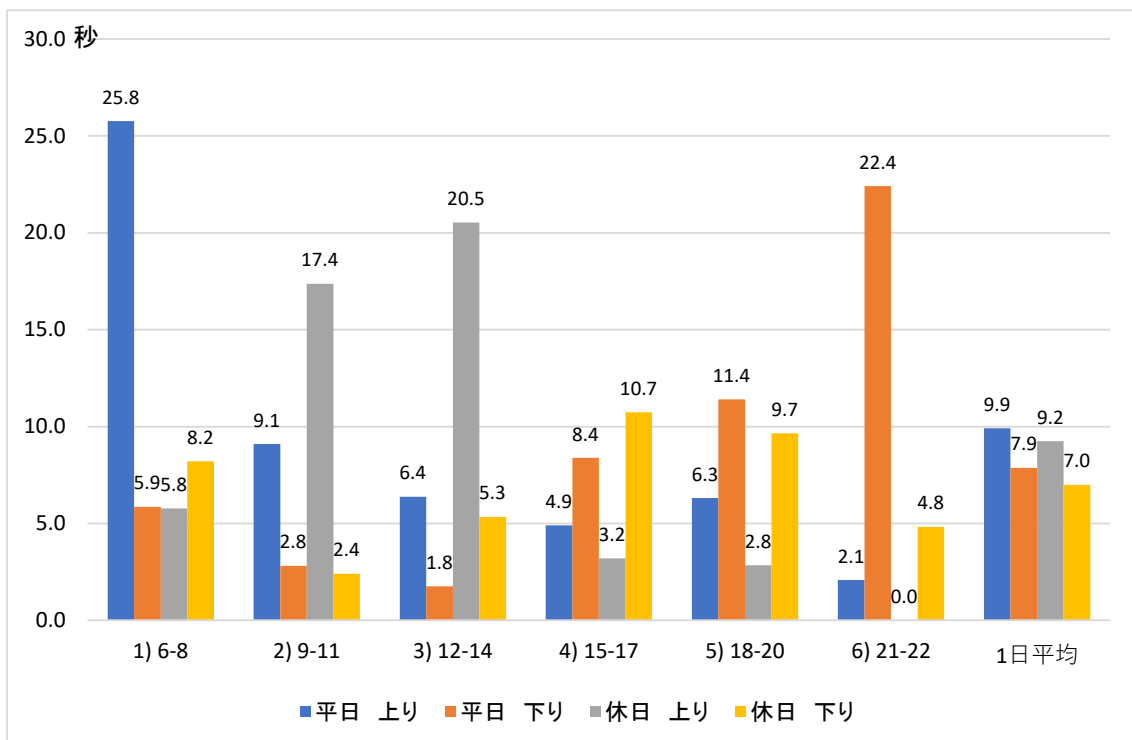


図 3-44 平休別・上り/下り別 1運行当りの乗降短縮時間の推計結果
(すべてのバス停、運行で通常の停車から自動正着に変更した想定)

1日の累計で時間短縮効果をみると、平日の上り方向では約12分、下り方向では約10分、休日の上り方向では約10分、下り方向では約7分の時間短縮が見込まれる。平日は乗降客数が多いため、休日に比べると、時間短縮効果が大きくなっている。また、休日の上り方向は、属性別利用者数調査によると、日中に車いす利用者、ベビーカー利用者の割合が比較的大きいことを反映して、時間短縮効果が高く推計されている。

表 3-10 平休別・上り/下り別 1運行当りの乗降短縮時間の推計結果

		平日			休日		
		短縮時間 (便合計) 単位：分	運行本数	短縮時間 (1運行当り) 単位：秒	短縮時間 (便合計) 単位：分	運行本数	短縮時間 (1運行当り) 単位：秒
上り	1) 6-8	6.0	14	25.8	1.0	10	5.8
	2) 9-11	2.1	14	9.1	3.5	12	17.4
	3) 12-14	1.3	12	6.4	4.1	12	20.5
	4) 15-17	1.0	12	4.9	0.6	12	3.2
	5) 18-20	1.8	17	6.3	0.5	11	2.8
	6) 21-22	0.2	6	2.1	0.0	6	0.0
	1日平均	12.4	75	9.9	9.7	63	9.2
下り	1) 6-8	1.3	13	5.9	1.2	9	8.2
	2) 9-11	0.6	13	2.8	0.5	12	2.4
	3) 12-14	0.4	12	1.8	1.1	12	5.3
	4) 15-17	2.0	14	8.4	2.1	12	10.7
	5) 18-20	3.0	16	11.4	1.9	12	9.7
	6) 21-22	2.6	7	22.4	0.5	6	4.8
	1日平均	9.8	75	7.9	7.3	63	7.0

※すべてのバス停、運行で通常の停車から自動正着に変更した想定

c. 感度分析

上述の時間短縮効果の算定ケースを基本ケース(0)とした上で、東京 BRT の利用者数が増加するケース(1-1～1-3)、車いす・ベビーカー利用者の割合が増加するケース(2)、東京 BRT の利用者数が増加し、かつ、車いす・ベビーカー利用者の割合が増加するケース(3-1～3-3)を想定して、時間短縮効果の感度分析を行った。

表 3-11 時間短縮効果の感度分析ケース

推計ケース	乗客数の想定				
	全利用者数	車いす利用者数	ベビーカー利用者数	高齢者利用者数	その他一般利用者数
0 基本ケース	現況				
1-1 全利用者数が増加 (ただし、利用者属性 割合は固定)	すべての時間帯で1.5倍増加				
1-2	すべての時間帯で2倍増加				
1-3	すべての時間帯で2.5倍増加				
2 車いす・ベビーカー 利用者数 の割合が増加	現況 ※ケース0と同じ	全利用者数に占める 車いす利用者数の 割合が、全国総人口 に占める肢体不自由 の障害者数の割合 (1.4%)と等しくなると 想定 ※1	全利用者数に占める ベビーカー利用者数 の割合が、全国総人 口に占める乳幼児数 (0～3歳人口)の割 合(2.8%)と等しくな ると想定 ※2	現況 ※ケース0と同じ	車いす利用者数、ベ ビーカー利用者数の ケース0からの増加 分だけ減少
3-1 全利用者数が増加 +車いす・ベビーカー 利用者数 の割合が増加	すべての時間帯で 1.5倍増加 ※ケース1-1と同じ	全利用者数に占める 車いす利用者数の 割合が、全国総人口 に占める肢体不自由 の障害者数の割合 (1.4%)と等しくなると 想定 ※1	全利用者数に占める ベビーカー利用者数 の割合が、全国総人 口に占める乳幼児数 (0～3歳人口)の割 合(2.8%)と等しくな ると想定 ※2	すべての時間帯で 1.5倍増加 ※ケース1-1と同じ	車いす利用者数、ベ ビーカー利用者数の ケース1-1からの増 加分だけ減少
3-2	すべての時間帯で 2倍増加 ※ケース1-2と同じ	〃	〃	すべての時間帯で 2倍増加 ※ケース1-2と同じ	車いす利用者数、ベ ビーカー利用者数の ケース1-2からの増 加分だけ減少
3-3	すべての時間帯で 2.5倍増加 ※ケース1-3と同じ	〃	〃	すべての時間帯で 2.5倍増加 ※ケース1-3と同じ	車いす利用者数、ベ ビーカー利用者数の ケース1-3からの増 加分だけ減少

※1：肢体不自由の障害者数は、身体障害児・者等実態調査（2006；厚生労働省）に基づき、1,810 千人、全国総人口は、人口推計（2006；総務省）に基づき、127,901 千人。前者を後者で割ると 1.4%と算出される。

※2：国勢調査（2020；総務省）に基づき、0～3 歳人口を総人口で除して算出。

感度分析を行った結果を以下に示す。

東京 BRT の利用者数が基本ケース(0)と比較して 1.5 倍、2.0 倍、2.5 倍と増加するケース(1-1・1-2・1-3)では、利用者数の増加に比例して時間短縮効果も基本ケース(0)の 1.5 倍、2.0 倍、2.5 倍と増加し、ケース(1-3)の平日・上り方面では 1 日当り 31.0 分の時間短縮効果となった。

また、車いす・ベビーカー利用者の割合が増加するケース(2)では、時間短縮効果が基本ケース(0)の 1.2~1.6 倍増加し、平日・上り方面では 1 日当り 19.1 分の時間短縮効果となった。

さらに、東京 BRT の利用者数が増加し、かつ、車いす・ベビーカー利用者の割合も増加するケース(3-1・3-2・3-3)では、時間短縮効果がケース 2 と比べて 1.5 倍、2.0 倍、2.5 倍と増加し、ケース(3-3)の平日・上り方面では 1 日当り 47.9 分の時間短縮効果となった。

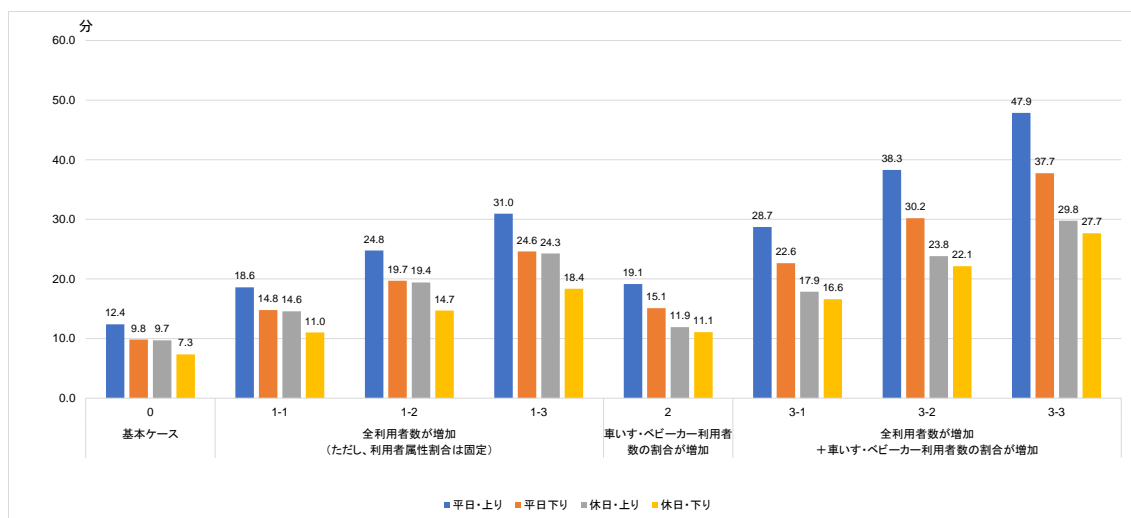


図 3-45 平休別・上り/下り別 1日当りの乗降短縮時間の感度分析結果
(すべてのバス停、運行で通常の停車から自動正着に変更した想定)

※ケース 1-2~1-3、3-1~3-3 では、一部の時間帯・便に定員オーバーや車いすやベビーカーの設置スペースの不足が生じるため、便数の増加や設置スペースの拡大等の措置が必要である。

以上の感度分析結果(自動正着の導入による乗降時間の短縮)をバス走行時間に対する割合で見たものが以下の図である。

平日・上り方面では、基本ケース(0)ではバス走行時間の0.7%の短縮であるのに対して、ケース(1-1・1-2・1-3)では1.0%~1.7%の短縮、ケース(2)では1.0%の短縮、ケース(3-1・3-2・3-3)では1.6%~2.6%の短縮となった。

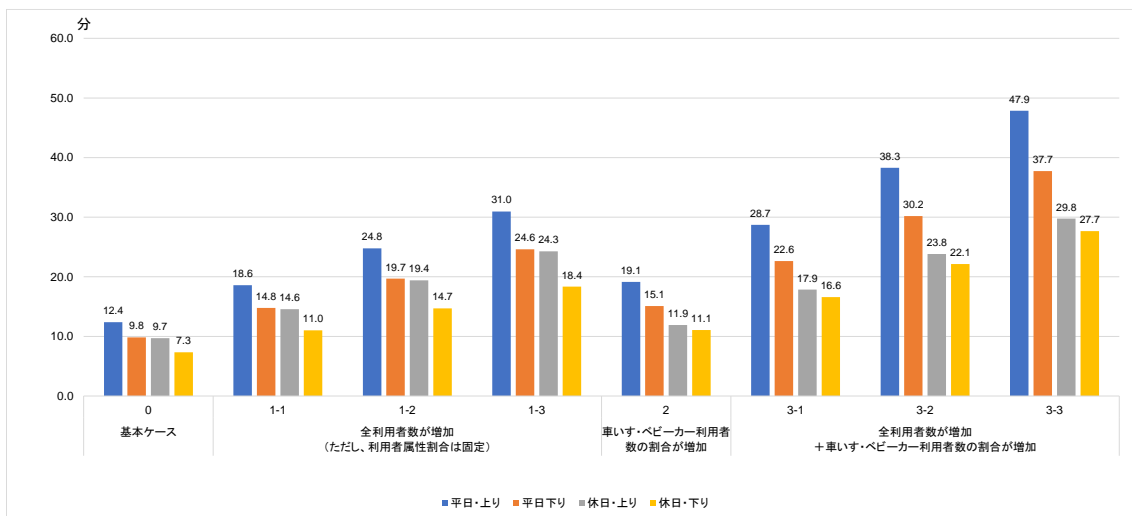


図 3-46 平休別・上り/下り別 乗降短縮時間のバス走行時間に対する割合
(すべてのバス停、運行で通常の停車から自動正着に変更した想定)

※ケース 1-2~1-3、3-1~3-3 では、一部の時間帯・便に定員オーバーや車いすやベビーカーの設置スペースの不足が生じるため、便数の増加や設置スペースの拡大等の措置が必要である。

(3) まとめ

モニターを対象とした乗降時間調査、バスに取り付けたビデオカメラ映像による属性別利用者数調査等の結果を用いて、自動正着が導入された場合のバス利用者の乗降時間の短縮効果、バスの運行時間の短縮効果の推計を行った。

2021年度には、バス事業者から BRT 路線のバス乗降者数を提供してもらうとともに、通常運行している東京 BRT の出入口にビデオを設置・録画し、事後的に目視で確認することで利用者の属性を調査（属性別利用者数調査）した。1日で見ると、ベビーカー利用者の割合は平日で上り 0.7%、下り 0.9%、休日で上り 3.2%、下り 1.5%、車いす利用者は休日の昼間に 1人（利用割合は 0.5%）であった。

上記の属性別利用者数と 2020年度に実施した乗降時間調査の結果⁴を用いて、現在の東京 BRT のすべてのバス停で自動正着が行われた場合の時間短縮効果を算出したところ、1運行当りでは最大 25.8 秒、1日当りでは最大 12.4 分の時間短縮効果が見込まれた。また、特に、平日朝や夕方の混雑時間帯、車いす利用者やベビーカー利用者がバスを利用する休日日中の時間帯では、時間短縮効果が大きくなる傾向があることが明らかとなった。

なお、上述の時間短縮効果は、現在の東京 BRT は本格運行ではなくコロナ禍でもあるため利用者数がさほど多くはないこと、乗降時間がさほどかかっていないバス便を含めた平均値であることから、効果としては必ずしも大きくない。しかし、将来においては利用者数が現状よりも増加する可能性や、車いす利用者・ベビーカー利用者の割合が増加する可能性が考えられるため、これらを想定した感度分析を行った。その結果、「利用者数が現状の 2.5 倍に増加し、車いす利用者・ベビーカー利用者の割合が総人口に占める車いす利用者・ベビーカー利用者の割合に高まったケース」では、1日当りでは最大 47.9 分の時間短縮効果となった。

⁴ 2020年度に実施した乗降時間調査では、利用者属性別、バスの停車パターン別に各モニターの乗降時間を把握した。自動正着は通常の停車と比べるとベビーカー利用者で 3.7 秒、車いす利用者で 32.4 秒、高齢者・一般の乗客で 0.9 秒、乗降時間が短縮することが確認された。

3.2.3 乗降時・降車時の転倒防止効果検証

3.2.2 で実施した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した。

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った。

(1) 調査の実施

1) 調査対象

3.2.2 で実施したモニター調査時に、モニターによるバスの乗降を対象に調査を実施した。

2) 調査方法

モニターの乗降の様子を調査当日に現地で観測して、調査票に記録を行った。また、車内に設置したドライブレコーダーで撮影した乗降の様子をもとに、調査当日の記録結果のチェックを行った。ドライブレコーダーの設置位置は以下の画像に示すとおりである。



図 3-47 ドライブレコーダーの設置位置（左図赤破線）と画角（右図）
（上段：前扉、下段：中扉）

(2) 調査の結果

1) 分析対象

分析の対象は、以下の表に示すとおりである。モニターは、通常の停車・手動正着・自動正着の3つの停車パターンごとに乗降するため、1人当たり6回の乗降が発生する。各乗降の様子を調査し、分析に用いた。

表 3-12 分析に用いるモニターの情報

期間	2021/10/22～2021/10/24 の3日間	
個人 サンプル数	総数	110人
	うち車いす利用者	12人
	うちベビーカー利用者	4人
乗降 サンプル数	総数	660回 (110人×3停車パターン×乗降)
	うち車いす利用者	72回 (12人×3停車パターン×乗降)
	うちベビーカー利用者	24回 (4人×3停車パターン×乗降)

※10/22の10時～11時の時間帯にも調査を実施したが、プラットフォームの位置が他の調査対象者と異なり比較が難しいため、分析対象から除外した。

ここで、モニター別・停車パターン別の乗降位置と条件について整理した。車いす利用者は中扉で乗降、その他のモニターは前扉乗車・中扉降車とした。また、通常の停車ではプラットフォームを設置せず、手動正着及び自動正着ではプラットフォームを中扉前に設置した。なお、通常の停車では、車いす利用者に対して、備え付けのスロープ板を使用した。

表 3-13 停車パターン別の乗降位置と条件

停車パターン	乗降	車いす利用者	その他のモニター
通常の停車	乗車	中扉 (条件:スロープ板使用)	前扉
	降車		中扉
手動正着	乗車	中扉 (条件:プラットフォーム使用)	前扉
	降車		中扉 (条件:プラットフォーム使用)
自動正着	乗車		前扉
	降車		中扉 (条件:プラットフォーム使用)



図 3-49 通常の停車（左図）と手動正着・自動正着（右図）の中扉の様子

2) 転倒の有無

モニター調査で、乗降時に転倒またはつまづくモニターは観測されなかった。

3) 転倒リスクの有無

モニター調査で、乗降時に転倒またはつまづくモニターは観測されなかったが、段差や隙間があることで転倒リスクが存在していた可能性がある。ここでは、モニター調査におけるモニターの動作やアンケート調査結果を用いて、段差や隙間による転倒リスクの有無について検証を行った。

a. 段差による転倒リスク

プラットフォームやスロープ板が存在する場合は、乗降口とバス停の間に段差はほとんど存在しない。段差が生じるのは、これらが無い状態、すなわち一般利用者・ベビーカー利用者における通常の停車の乗降及び手動正着・自動正着の乗車である。

一般の利用者については、段差がある場合でも支障なく乗降していた。ベビーカー利用者は、段差がある場合は必ずベビーカーを持ち上げて乗降していた。今回のモニター調査では観測されなかったが、ベビーカーの持ち上げが足りずに乗降口に引っかかって転倒する可能性や、ベビーカーを持ち上げている時に手が滑ってベビーカーや荷物を落とし、結果的に転倒する可能性が考えられる。

表 3-14 停車パターン別乗降別の段差による転倒リスク

停車パターン	乗降	一般	ベビーカー利用者	車いす利用者
通常の停車	乗車	支障なし	ベビーカーの持ち上げあり	段差なし
	降車			
手動正着	乗車	支障なし	ベビーカーの持ち上げあり	
	降車	段差なし	段差なし	
自動正着	乗車	支障なし	ベビーカーの持ち上げあり	
	降車	段差なし	段差なし	

b. 隙間による転倒リスク

今回の実験では、スロープ板を使用する場合を除いて、基本的に隙間が存在した。したがって、隙間が存在するのは一般の利用者・ベビーカー利用者のすべての乗降と、車いす利用者の自動正着・手動正着の乗降である。

一般の利用者はいずれの停車パターンにおいても支障なく乗降していた。ベビーカー利用者は、前述のとおり段差がある場合はベビーカーを持ち上げる動作をしていたが、隙間はあるが段差はない場合、すなわち手動正着・自動正着の降車においては支障なく乗降していた。したがって、ベビーカー利用者は段差がある場合はベビーカーを持ち上げる必要があるが、自動正着・手動正着により生じる程度の隙間であれば支障なく乗降できることが確認できた。

一方、車いす利用者の中には、乗降時に前輪が引っかかることや、前輪が引っかかることを見越して前輪を持ち上げる動作をして引っかかりを回避するモニターが観測された。以降では、前者を「引っかかり」、後者を「持ち上げ」と呼び、これらの動作が必要な状態は「転倒リスクがある状態」と考え、この転倒リスクの有無及び転倒リスク発生条件の確認を行った。

表 3-15 停車パターン別乗降別の隙間による転倒リスク

停車パターン	乗降	一般	ベビーカー利用者	車いす利用者
通常	乗車	支障なし	ベビーカーの 持ち上げあり (段差あり・隙間あり)	隙間なし (段差なし・隙間なし)
	降車			
手動正着	乗車		ベビーカーの 持ち上げあり (段差あり・隙間あり)	一部、 前輪の引っかかりや 持ち上げあり (段差なし・隙間あり)
	降車		支障なし (段差なし・隙間あり)	
自動正着	乗車		ベビーカーの 持ち上げあり (段差あり・隙間あり)	
	降車		支障なし (段差なし・隙間あり)	

車いす利用者の転倒リスクの有無を停車パターン別に確認した。前輪を持ち上げる動作は、いずれの停車パターンでも観測されたが、1~2程度であった。

一方、前輪の引っかかりの有無については、手動正着、自動正着で5回ずつ観測された。

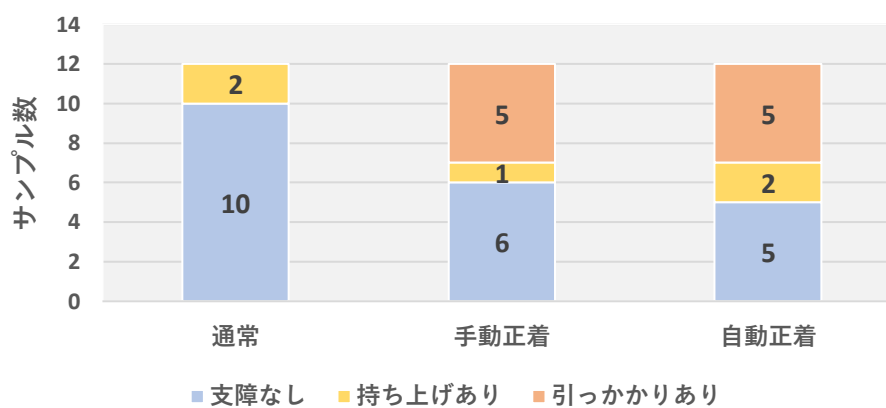


図 3-50 停車パターン別中扉における転倒リスクの有無
(車いす利用者・中扉)

次に、隙間の間隔と転倒リスクの関係を整理した。隙間は 4 cm 以下（3～4cm）の出現頻度が最も多く、この隙間では支障なく乗降したモニターが最も多かったが、前輪が引っかかるモニターも存在した。

車いす利用者の中には、速度を落として乗降し、前輪が引っかかるかどうかを試すモニターが存在した。通過速度が遅い場合、隙間が狭くても前輪が引っかかることがあった。隙間が 1 cm 以下で前輪が引っかかっているモニターは、試すようにゆっくりと乗降していた。また、車いす利用者の乗降時に前輪を上げる動作がスムーズである場合、前輪を持ち上げているか否か判別できない場合があった。9 cm 以下（8～9cm）のすきまにおいて、「支障なし」と観測されているモニターは、スムーズに前輪を持ち上げていた可能性がある。

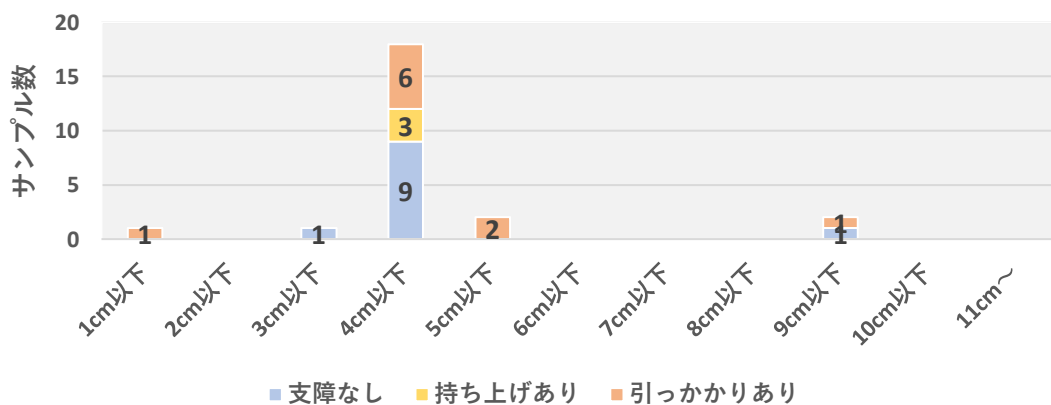
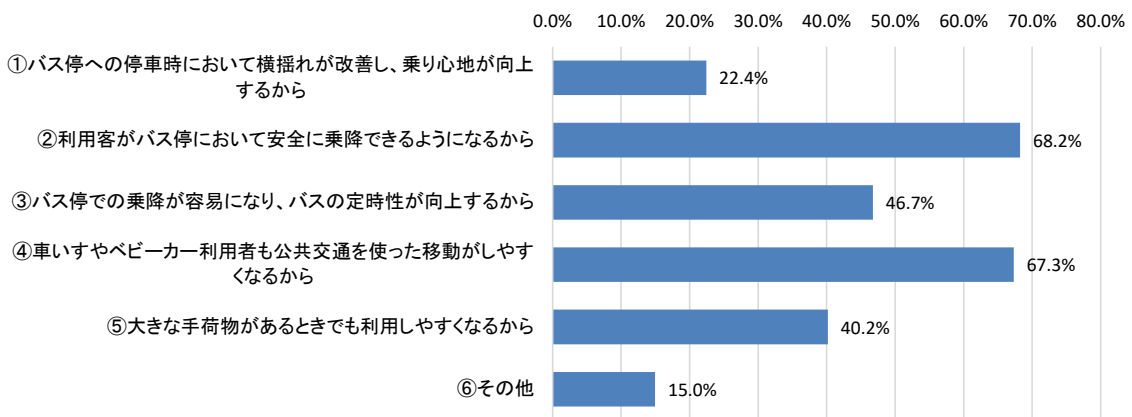


図 3-51 隙間と転倒リスク有無の関係
(車いす利用者 手動正着・自動正着)

4) モニター調査参加者の転倒リスクの感じ方

モニター調査の結果によると、自動正着が可能なバスが普及して欲しい理由として、「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」を回答した人が73人と全体の7割近くに上っており、実験に参加したモニターが、自動正着時の乗降は通常停車時の乗降と比較して安全であると認識していることがわかる。

普及してほしい理由

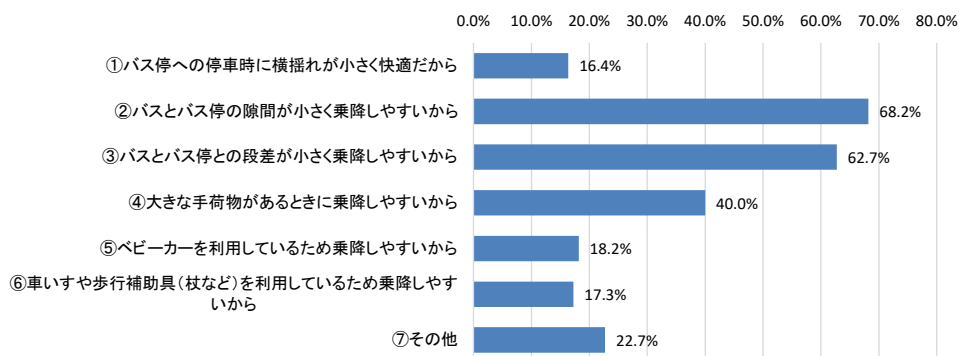


普及してほしい理由	人数	構成比
①バス停への停車時において横揺れが改善し、乗り心地が向上するから	24	22.4%
②利用客がバス停において安全に乗降できるようになるから	73	68.2%
③バス停での乗降が容易になり、バスの定時性が向上するから	50	46.7%
④車いすやベビーカー利用者も公共交通を使った移動がしやすくなるから	72	67.3%
⑤大きな手荷物があるときでも利用しやすくなるから	43	40.2%
⑥その他	16	15.0%

図 3-52 自動正着バスが普及して欲しい理由（再掲）

また、自動正着が可能なバスを利用したい理由として、「丈の長い服でつまづく事がなく乗降しやすい」や「ヒールの靴の時に乗り降りしやすそう」、「段差がないので足腰に響かなく楽」と直接的に安全面に言及する意見や、「高齢者と一緒の場合、安心」、「小さい子供も乗降しやすいから（3名）」、「小さい子を連れている時に乗り降りしやすい（2名）」など、段差が障害となりやすい高齢者や子供の乗り降りしやすさに言及する意見がみられ、このことから、自動正着バス乗降時の安全面が評価されていることがわかる。

利用したい理由



※注:「⑦その他」の具体的な内容

- ・運転手の技量に左右されないから(4名)
- ・最新の技術の恩恵に触れてみたいから(2名)
- ・スロープを出す、しまう手間がなくスムーズに乗降できるから(車いす利用)(1名)
- ・乗降時に運転手の手をわずらわさなくてよい(1名)
- ・ドライバーの負荷軽減(1名)
- ・高齢者と一緒の場合、安心(1名)
- ・小さな子供も乗降しやすいから(3名)
- ・小さい子を連れている時に乗り降りしやすい(2名)
- ・子供が車いすでの移動での介助でバスを利用して食事などに連れていきたい為(1名)
- ・雨の日にぬれにくい(バス停の屋根とのすきまが少なくなるから)(1名)
- ・ヒールの靴の時に乗り降りしやすそう(1名)
- ・丈の長い服でつまづく事がなく乗降しやすい(1名)
- ・他の利用客の乗降がスムーズで普通のバスよりも早く下車できるから(1名)
- ・段差がないので足腰に響かなくて楽(1名)
- ・静か(1名)
- ・普段のバスと良い意味で変化が無いため(1名)
- ・各市町村で走るなら利用したい。現在車を運転しているが、今後返却すれば利用する(1名)
- ・今後の交通機関のあり方を見据えて未来の形に寄り添いたい(1名)

図 3-53 利用したい理由（その他意見）（再掲）

a. 一般の実験参加者の自由記述回答

モニター調査（アンケート調査）の自由意見をみると、通常停車時に関しては、「乗降時に段差があると、手すりを気にしながら乗降する。特に降車時は最後まで手すりにつかまれないので不安」や「ノンステップバスでも乗降しにくさを感じていた」と安全面の課題が言及されていた。

一方で、正着制御に関しては、「乗降しやすい」、「安心」等の安全面の評価がみられた。

表 3-16 一般の実験参加者のアンケート自由回答

※太字：段差や隙間がないことによる安全面に関する記述

40代 女性	段差が小さいと様々な人が利用しやすくなり、よいです。BRTの運行本数や、運行範囲の拡大に期待しています。
40代 女性	自動運転化とバリアフリー化を進めて、世界に誇る技術を確立させてほしい。バス、場所によって使える、使えないがあると厳しい。 補助なく乗れるのが嬉しい 。バスの運転手が時間がかかる。気兼ねなく乗れる。
30代 男性	自動正着、手動正着ともに隙間、段差が少なく、子供やベビーカーの乗降がともしやすかった。
30代 女性	ノンステップバスでも乗降しにくさを感じていたが自動正着は乗降しやすかったです。
60代 女性	・②と③の隙間は、大きな差は感じなかったが、わずかに差があった。・座っていれば、揺れは気にならないが、必ずしも座れるとは限らない。普段は立っていると、左足がきかないので、揺れへの対応が大変。・乗降時に 段差があると、手すりを気にしながら乗降する。特に降車時は最後まで手すりにつかまれないので不安はある 。②③のようにスロープ板があれば、気にせず乗降できるので安心。・②③のようなスロープ板があれば、外出もしやすくなる。
70代 女性	手動、手動正着、自動正着どれも横揺れには差を感じなかった様に思う。 乗り降りの段差が少ないバスが増えるとありがたい。
30代 女性	正着技術の正確さに驚きました。どんな方でも利用しやすいので、これから広まってほしいと感じました。 段差がないという点がとても良いです。
60代 女性	画期的な方法だと思った。道路の舗装の問題もあると思うが、「 乗りやすい降りやすい 」はバスにとって大切なことの1つだと思う。乗る時は少し段が低くなった程度にしか感じなかったが、降りる時はバリアフリーで、高齢者にもとても良いと感じた。今回、何の知識もなくバス乗り場に来たので、事前に「正着」について簡単な説明があると良かった。
50代 女性	自動正着が乗りやすく降りやすかった（特に段差が小さかったように感じた）
40代 女性	自動正着は、正確な手動正着の方が快適だと思いましたが、自動は一定して停車ができるので実用的だと思います。 雨の日なども降車の段差は気になるので、段差解消は乗りやすさがアップすると思います。
20代 女性	正直良い意味で違いはよくわからなかった。 手動正着と自動正着の降車時に段差をなくすやつが敷いてあってそれがあつたらそりゃ降車しやすいだろうと思いました 。あれはもし導入されたら毎回敷くのですか？
20代 男性	手動運転は横揺れもほぼなく快適と思う一方で朝の通勤時など急いでいる時や乗り換えがタイトなときにゆっくりとした停車で不便に感じると感じました。 今乗っているバスで降りる際の段差が大きく負担に感じる人が多いので正着でフラットに乗降できるととても嬉しいと思います。
50代 女性	将来段差やすきまがなく乗降できると大変ありがたいと思います
20代 男性	正着技術に関してはすぐく段差やすきまが少なく、普及して欲しい技術だと感じました 。自動正着に関しても手動時とあまり変わらず停車していて良いと感じましたが、停車位置が少しずれそうで気になりました。（もし修正するとなると降車まで時間がかかりそうです）いずれにせよぜひ導入までごぎつけてほしいです。
20代 男性	隙間は 手動正着、自動正着、通常の正着の順に小さかった ので、スーツケース利用時を考えると、現状では 手動正着が最も便利だ と思います。ただ、車輪を縁石に接触させると摩擦が気になるところなので、将来的には自動正着の精度を上げる方向が望ましいでしょう。

※乗降時の段差又は隙間に関する記載のある回答のみ抜き出し

b. 車いす利用者の自由記述回答

車いす利用者の回答をみると、スロープ板が必要なくなることにより、自分で乗り降りできることのメリットを挙げる意見がみられた。

一方で、わずかでも隙間が存在することに関して、前輪を上げることの必要性、前輪がはまるリスクの存在を指摘する意見がみられた。

自分で前輪を持ち上げることができない人は介助者の手助けが必要である。介助者が前輪の引っかかる可能性に気づかずに車いすを押してしまう場合、車いす利用者の体だけが前に飛び出す危険性があることから、注意が必要である。

表 3-17 車いす利用者のアンケート自由回答

※**赤太字**：正着制御により、一人で乗降できることのメリットに関する記載
 ※**青太字**：プラットフォームと車体の隙間に前輪がはまる点に関する指摘

40代 男性	乗降位置に何度も調整し、スロープ板を出す(現状のバス)そのストレスがなくとても良かったです。
60代 男性	バスは普段あまり利用しない。乗降の際に運転手の手をわずらわせたり、他の乗客を待たせてしまうのは気が引ける。自動正着は自動的にバスがバス停との隙間なく停車するので、 運転手の手をわずらわせることが少ないと思われ、その点はよいと思う。
50代 女性	東京 BRT のバスに初めて乗車しましたが、ベビーカーと車いすの乗車位置にイスが無く便利だと思いました。バスのデザインもおしゃれで乗り心地も良く感じました。・ 運転手さんに手伝ってもらうのが気が引ける。 ・バスのベビーカー車いす専用のスペースがあるのはよい(座っている客をどかさないといけない)
20代 女性	普段バスにあまり乗らないが、 車両備えつけのスロープ板での乗降であれば、電動車いすで乗降できている。隙間が多少でもあるくらいなら、車両備えつけのスロープ板のほうが隙間がないので良い。 多くのバス停を知っているわけではないので、中には、車両備えつけのスロープ板でも乗降しにくい所があるかもしれない。今回の条件では、車両備えつけのスロープ板の方が良かった。
30代 男性	・ 自分の力だけで乗れるバスが少ないので、正着のバスが増えていくと行動範囲が広がる。 ・段差が少ないので乗り降りしやすい。
30代 女性	すきまがとてもせまくなる技術はスゴイなと思いました。ただ、 若干の段差があるだけで車いすの前輪が食い込んで動かなくなってしまったときのマンパワーでの対応を運転手さんたちに周知していただきたい です。後輪を上げてしまうと車いすの人は前に転倒してしまいます。あとは車いすの人よりベビーカーの方がたくさん利用すると思うので車いすや体の不自由な人と同じぐらい気にかけてフォローした方がいいと思います。(手動・自動化されても、です。)
30代 男性	①が②、③より揺れが少ないと回答したが、①がいつものバスよりかなり静かに止まっていたためであり、普段街中で乗るバスと比較すると②、③は揺れが少ないと感じた。段差、すきま、スロープ板は車いす利用者が一人きりでも乗降できると感じた。しかし、乗る時(スロープ板をのぼる時)にわずかな段差があり、 車いすの前輪を上げることができないと、一人でのぼれないと感じた。

※乗降時の段差又は隙間に関する記載のある回答者のみ抜き出し

c. ベビーカー利用者の自由記述回答

ベビーカー利用者のアンケート調査結果をみると、正着制御により隙間や段差が少なくなり、乗降しやすくなるメリットを挙げる意見が複数みられた。

一方で、正着制御のデメリットを挙げる意見はみられなかった。

表 3-18 ベビーカー利用者のアンケート自由回答

※**赤太字**：正着制御により、乗降しやすくなるメリットに関する記載

30代 女性 子供を2人連れてバスに乗車した際に降車する時困ることがよくあるのですが、 自動正着等で降りる時の隙間が少ない段差が少ないのはとても助かります。特に満員の時や多くの人が降りる時焦らずに降車できるなと感じました。
30代 女性 仕事柄 w/c ユーザーの方や杖等を使用している方に接することが多い。 段差や隙間は、その解消(スロープ板設置)にも時間がかかるため、乗車をためらう方もいる。 皆が利用しやすくなるよう、広く普及してほしい。参加させていただきありがとうございました。 ベビーカーの乗降も楽でした。子どもと手をつないでの乗降もしやすそうです。

※乗降時の段差又は隙間に関する記載のある回答者のみ抜き出し

(3) まとめ

乗降時に転倒やつまづくモニターは観測されなかった。

一方で、正着により生ずる隙間の転倒リスクは以下のとおりであった。

<車いす利用者>

- 通常の停車では、スロープ板を出す必要が生じる。スロープ板が出されるため、前輪の引っかかりや前輪を持ち上げての乗降は生じづらい。
- 自動正着及び手動正着では、多くの場合（＝隙間が4 cm以下）、隙間の通過速度が十分速ければ前輪の引っかかりは生じないが、通過速度が遅い場合は前輪の引っかかりが生じる可能性が高くなる。
- 車いすの操作に習熟している人であれば、隙間が十分狭い時、前輪を持ち上げることでスムーズに乗降することができる。
- 一方、介助者に押ししてもらっている場合、隙間の通過速度が遅い、あるいは隙間が広いといった前輪がはまりやすい状況において、介助者が気づかずに押ししてしまうと、前輪がはまって車いす利用者が危険にさらされるリスクがあるため、注意が必要である。

このように、隙間による転倒リスクが存在するが、実際に転倒した被験者はおらず、また、モニター調査のアンケート結果からは、自動正着により乗降時の安全性が向上すると回答したモニターが7割近くに上ることから、自動正着による段差の解消が乗降時の安全性を高めることが確認できた。

3.2.4 停車・発進時の転倒防止効果検証

3.2.2 で実施したモニター調査に合わせて、バスの停車・発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した。

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した。また、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した。

そして、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した。

(1) 調査の実施

停車パターン（通常の停車・手動正着・自動正着）別の3軸加速度のデータ取得と、車内に立っている人の挙動や感じ方を調査した。調査内容と実施時期は以下の表に示すとおりである。

加速度調査としては、加速度の記録、被験者の転倒有無の記録、被験者の加速度の感じ方の記録の3つを実施した。加速度の記録は、車内2か所に加速度計としてスマートフォンを設置して実施した。被験者の転倒有無の記録は、車内に被験者（計量計画研究所職員）が立ち、つり革や手すり等にはつかまらずに停車・発進を体験し、車内に設置したドライブレコーダーで転倒の有無を記録した。被験者の転倒リスクの記録は、被験者が停車・発進の揺れについて、どのように感じたかを記録した。

モニター転倒有無調査では、モニター調査において停車・発進時の車内の様子をドライブレコーダーで撮影し、モニターの転倒の有無を確認した。

なお、自動正着では誘導線の読み取りを開始する誘導線進入時に横揺れが生じやすいため、10月24日の運転手に対しては、誘導線進入時に誘導線が車体中央に来るように操舵を依頼し、複数回練習（習熟）した上で実験を行った。

表 3-19 調査内容と実施時期

調査		実施時期
加速度調査	加速度の記録	2日間
	被験者の転倒有無記録	(2021/10/23、2021/10/24)
	被験者の転倒リスク記録	※モニター調査の後に実施
モニター転倒有無調査	モニターの転倒有無を記録	3日間 (モニター調査と同時)

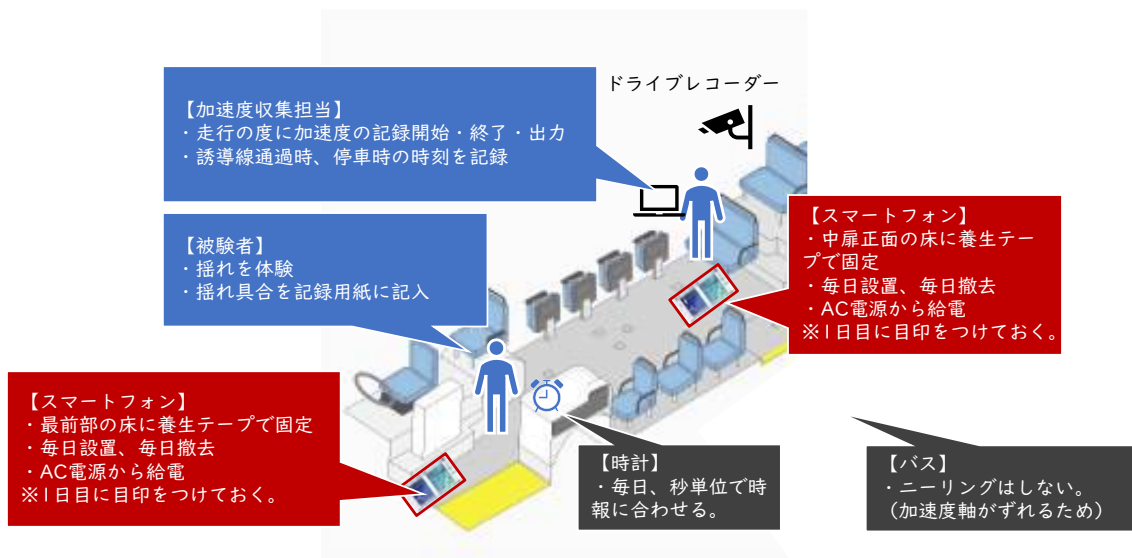


図 3-54 加速度調査の実験装置と被験者の位置関係

1) 加速度の記録

バス車内の中央付近及び先頭付近に 1 か所ずつ、計 2 か所に加速度計としてスマートフォンを設置し、加速度を記録した。

スマートフォンは、GALAXY S6 32GB を 2 台、アプリは Physics Toolbox Sensor Suite を用いた。これらを用いて、概ね 1/100 秒間隔の 3 軸加速度（上下・左右・前後）を取得した。

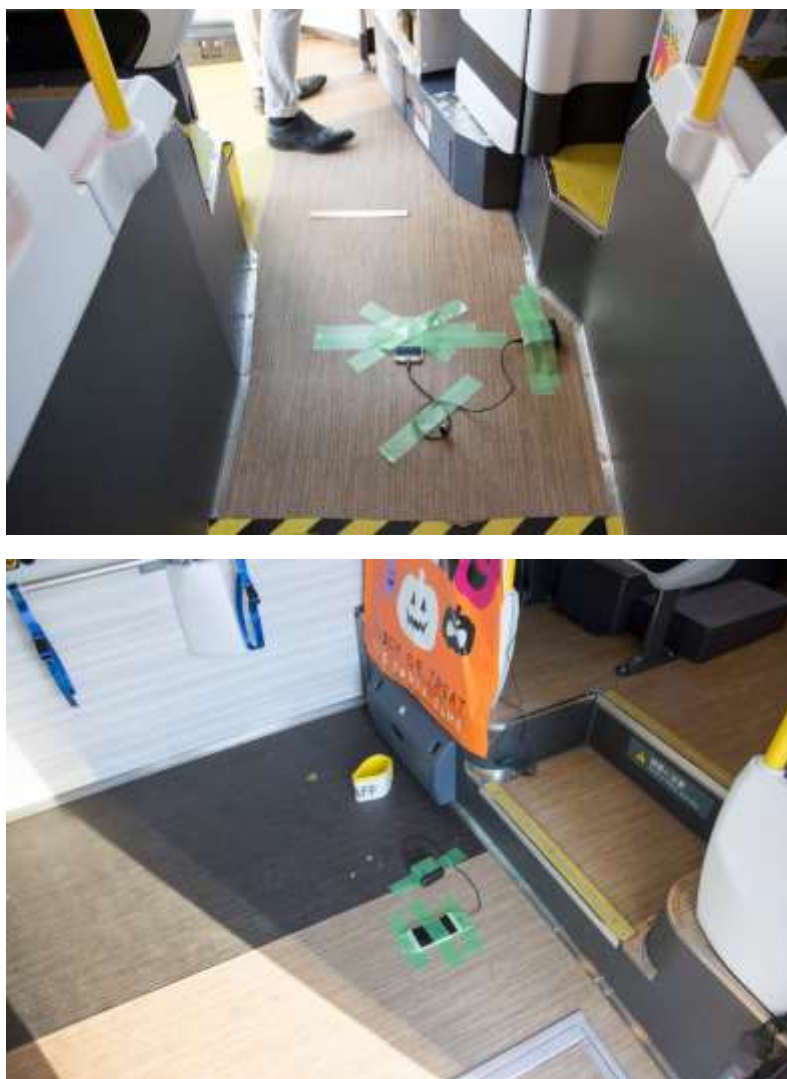


図 3-55 加速度計（スマートフォン）の設置状況

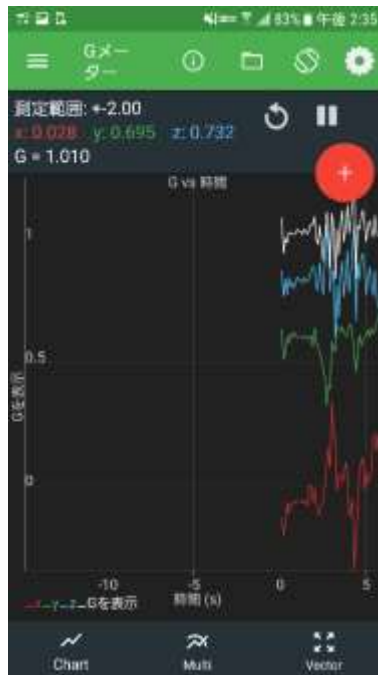


図 3-56 Physics Toolbox Sensor Suite の画面

加速度の記録に当り、バスがニーリングしていない状態で 3 軸ベクトルの補正を行った。補正には、Physics Toolbox Sensor Suite の機能を用いた。

2) 被験者の転倒有無の記録

被験者がバス前方に立ち、つり革や手すりにつかまらない状態でバスの停車・発進を実施し、その様子をドライブレコーダーで記録して、後日、転倒の有無を確認した。ドライブレコーダーの設置位置は図 3-55 で示したとおりである。

3) 被験者の転倒リスクの記録

前項の被験者に、誘導線進入時、誘導線上通過時、停車直前の転倒リスクを5段階（転倒した/バランスを崩した/バランスを崩しそうになった/少し揺れを感じた/特に揺れは感じなかった）で記録してもらった調査を行った。記録に用いた調査票は以下のとおりである。

No. _____									
停車時の転倒防止効果 調査票									
実施年月日 2021年10月 ____ 日 記録者 _____									
チェック項目									
<input type="checkbox"/> 時計の時刻を秒単位で日本標準時 (ntp.nict.jp) に合わせた									
SEQ	誘導線進入時刻 ※秒まで	停車時刻 ※秒まで	停車パターン	ブレーキ	被験者の 名前	揺れに關する感想			備考
						誘導線進入時	誘導線上通過時	停車直前	
1	: :	: :	<input type="checkbox"/> 自動正常 <input type="checkbox"/> 手動正常 <input type="checkbox"/> 正着なし <input type="checkbox"/> その他	<input type="checkbox"/> 自動 <input type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> その他		<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	
2	: :	: :	<input type="checkbox"/> 自動正常 <input type="checkbox"/> 手動正常 <input type="checkbox"/> 正着なし <input type="checkbox"/> その他	<input type="checkbox"/> 自動 <input type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> その他		<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	
3	: :	: :	<input type="checkbox"/> 自動正常 <input type="checkbox"/> 手動正常 <input type="checkbox"/> 正着なし <input type="checkbox"/> その他	<input type="checkbox"/> 自動 <input type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> その他		<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	
4	: :	: :	<input type="checkbox"/> 自動正常 <input type="checkbox"/> 手動正常 <input type="checkbox"/> 正着なし <input type="checkbox"/> その他	<input type="checkbox"/> 自動 <input type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> その他		<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	
5	: :	: :	<input type="checkbox"/> 自動正常 <input type="checkbox"/> 手動正常 <input type="checkbox"/> 正着なし <input type="checkbox"/> その他	<input type="checkbox"/> 自動 <input type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> その他		<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	
6	: :	: :	<input type="checkbox"/> 自動正常 <input type="checkbox"/> 手動正常 <input type="checkbox"/> 正着なし <input type="checkbox"/> その他	<input type="checkbox"/> 自動 <input type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> その他		<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	
7	: :	: :	<input type="checkbox"/> 自動正常 <input type="checkbox"/> 手動正常 <input type="checkbox"/> 正着なし <input type="checkbox"/> その他	<input type="checkbox"/> 自動 <input type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> その他		<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	
8	: :	: :	<input type="checkbox"/> 自動正常 <input type="checkbox"/> 手動正常 <input type="checkbox"/> 正着なし <input type="checkbox"/> その他	<input type="checkbox"/> 自動 <input type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> その他		<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	
9	: :	: :	<input type="checkbox"/> 自動正常 <input type="checkbox"/> 手動正常 <input type="checkbox"/> 正着なし <input type="checkbox"/> その他	<input type="checkbox"/> 自動 <input type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> その他		<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	
10	: :	: :	<input type="checkbox"/> 自動正常 <input type="checkbox"/> 手動正常 <input type="checkbox"/> 正着なし <input type="checkbox"/> その他	<input type="checkbox"/> 自動 <input type="checkbox"/> 手動 <input type="checkbox"/> その他		<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	<input type="checkbox"/> 転倒した <input type="checkbox"/> バランスを崩した <input type="checkbox"/> バランスを崩しそうになった <input type="checkbox"/> 少し揺れを感じた <input type="checkbox"/> 特に揺れは感じなかった	

図 3-57 被験者の転倒リスクの記録に用いた調査票

(2) データのクリーニング

観測機器から取得される加速度データは、車両の挙動だけでなく、様々な要因で生じるノイズが含まれる。例えば、エンジンの振動や道路の凹凸、観測機器への走行風による影響が挙げられる。車両の挙動の特性を把握する為には、これらのノイズは取り除いた状態で解析を行うことが良いとされている。

そこで本分析では、加速度データに含まれるノイズ除去に有効とされる、ローパスフィルタを適用してデータのクリーニングを行った。

(参考) ローパスフィルタについて

ローパスフィルタの概要について述べる。ローパスフィルタは、周波数信号が入力された際に、低域周波数のみを通過させるフィルタである。エンジンの振動や道路の凹凸、観測機器への走行風による影響によって生じるノイズは、車両の挙動から生じるノイズよりも高い周波数であるとされている。したがって、高い周波数の通過を防ぐローパスフィルタを適用することで、車両の挙動のみを抽出した加速度データが得られる。

ローパスフィルタは (1) 式から算出される。

$$y[i] = \alpha \cdot y[i - 1] + (1 - \alpha) \cdot x[i] \quad (1)$$

この時、 x は時刻 i における入力値、 y は時刻 i における出力値を示す。なお、(1) 式の α はフィルタの強度を指す。 α の値が小さいほど、フィルタの強度が強く、波形の高周波が除去される。したがって、観測機器から得られる加速度データの波形は滑らかに成型され、変化量は減衰する。

木山ら¹⁾や牧野ら²⁾によると、車両の挙動の特性を最も判別できる α は、0.1 であることが報告されている。そこで本分析では、この知見を活用して $\alpha=0.1$ を設定して、加速度データの処理を行う。

参考文献

- 1) 木山昇, 高橋利光, 祖父江恒夫, 相川哲盛: 傾斜したスマートフォンセンサによる自動車の3軸加速度算出手法, マルチメディア・分散・協調とモバイルシンポジウム, pp. 16-23, 2014
- 2) 牧野 友哉, 伊藤 嘉博, 白石 陽: スマートフォンによる車線推定手法, 情報処理学会論文誌, vol. 55, no.2, pp. 812-825, 2014.

(3) 結果

1) 加速度

左右方向の最大加速度の分布を停車パターン別に集計した。集計には、車体前方に設置したスマートフォンのデータのうち、誘導線進入直前から停止までの間のデータを用いた。このような集計仕様を設定した理由は、自動正着では操舵のみを制御しており今回の調査ではブレーキ操作の制御は実施していないことから、停車パターンの違いは左右加速度のみに現れること、左右加速度は車体前方がバスの構造上大きくなること、バスターミナルを周回している間は停車パターン間の違いが現れないこと、の3点である。

まず、いずれの停車パターンにおいても、ヒヤリハットの基準として一般的に用いられる $0.5G^5$ や $0.3G^6$ の水準を下回っていた。停車パターン別に比較すると、自動正着は左右方向の加速度が他の2パターンよりも比較的大きくなりやすいこと、手動正着は通常の停車と同程度の加速度分布になっていることがわかる。

自動正着で左右加速度が大きくなる要因は2点考えられる。1点は、前述のように誘導線読み取り開始時に誘導線が車体の中心に来るよう補正する自動操舵が入ることにより、誘導線進入時に誘導線が車体中心から離れている時には比較的急な操舵が生じることである。

もう1点は、誘導線を短く設定したため、S字カーブの曲率が急になったことである。誘導線は法定線との干渉が許されず、多くのバス停に設置するには誘導線を極力短くする必要があるが、今回の誘導線の設置にあたってはこの考えを踏襲した。今後、誘導線の曲率の緩和と誘導線の設置が可能なバス停の増加を両立するためには、諸外国のBRTに多くみられる中央車線寄りの完全専用レーンの採用が有効である。中央車線寄りの完全専用レーンであれば、法定線との干渉の懸念を排除できるためである。

なお、手動正着では、バリアレス縁石にタイヤを接触させる場合があるが、今回の実験ではゆっくりと接触させていたため、通常の停車と比較して左右方向の加速度が大きくなることはなかった。

⁵ 例えば、山口剛平，矢口謙史：プローブデータを用いた先進的な交通安全事業の取組，国土交通省国土技術研究会論文集（2013），233-237。

https://www.mlit.go.jp/chosahokoku/h25giken/program/kadai/pdf/innovation/innova2_03.pdf

⁶ 例えば、畠中秀人，平沢隆之，真部泰幸，渡邊寧，井上洋，竹中憲郎，川崎弘太：プローブデータを活用した安全走行センササービスに関する検討，第6回ITSシンポジウム，2007。

http://www.nilim.go.jp/lab/qcg/japanese/3paper/pdf/2007_12_itssym_5.pdf

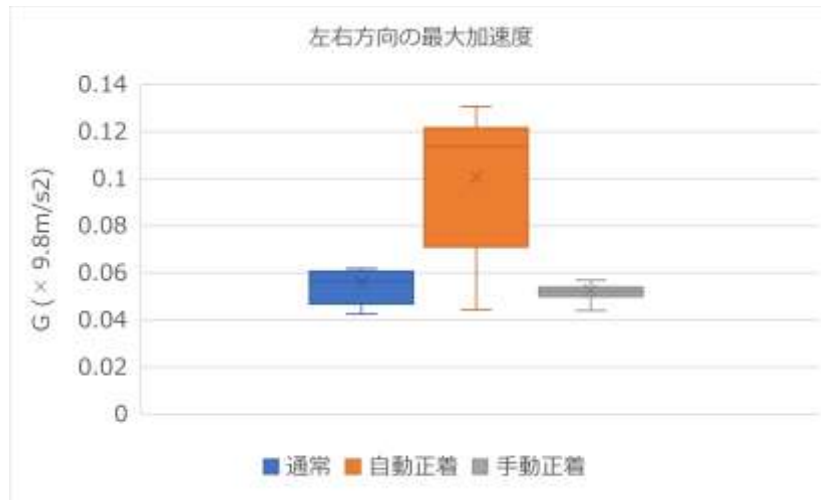


図 3-58 停車パターン別の左右方向最大加速度の分布

調査日別に加速度分布をみると、自動正着の左右方向の最大加速度は 24 日においては抑えられていることがわかる。24 日は実験の合間にテスト走行を繰り返し、自動正着の運転を習熟したため、誘導線進入時に誘導線が車体中心に近い位置になるような操作ができており、その結果として左右方向の加速度が抑えられていたと考えられる。

このように、習熟すると誘導線進入時の左右方向の加速度を抑えられることが示唆された。

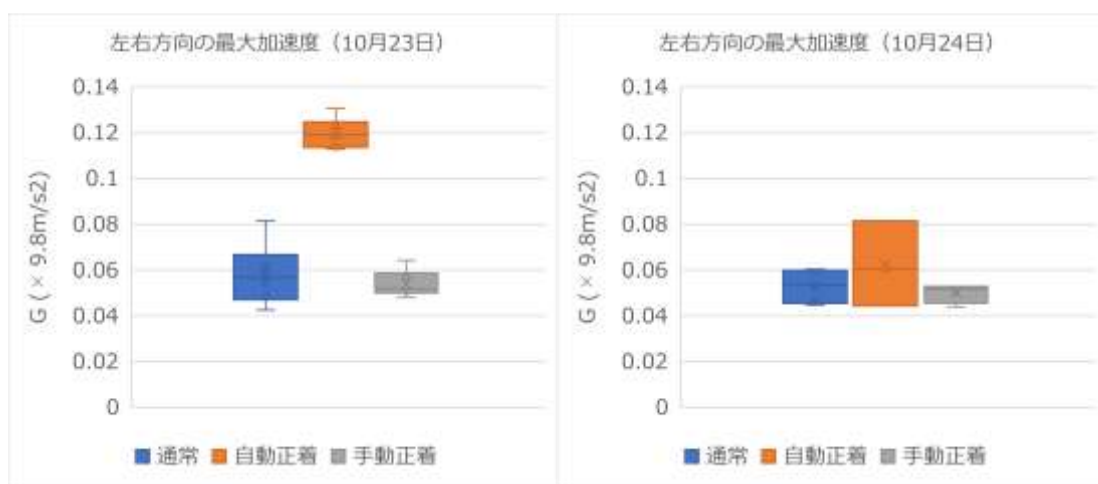


図 3-59 停車パターン別の左右方向最大加速度の分布（調査日別）

(参考) 左右加速度の分布

自動正着において左右加速度が最大値を取るタイミングを確認するため、自動正着、手動正着、通常の停車の各停車パターンの停車時の加速度について、1回1回の走行データから加速度の推移を確認した。その結果、主に誘導線進入時と、誘導線上のS字カーブ通過時の2つのタイミングで、左右加速度が最大値を取ることが明らかとなった。さらに、誘導線進入時よりも誘導線上のS字カーブ通過中の方が、左右加速度の最大値を取る回数が多いことが明らかとなった。

また、2日目のドライバーは左右加速度の最大値が抑えられていることも確認した。これは、2日目のドライバーの方が、1日目のドライバーよりもバスを誘導線中心に合わせて進入し、誘導線進入時の加速度が抑えられたことに加え、1日目のドライバーよりも速度が低く、S字カーブ通過中の左右加速度が抑えられていたことが可能性として考えられる。なお、速度の記録は行っていないため、この仮説の検証は不可能である。

一方、本実証実験は一般的な路線バスよりも丁寧な運転であったことから、自動正着の左右加速度が最も大きい結果となったことも可能性として考えられる。そこで、自動正着の転倒防止効果を検証するための更なる工夫として、以下の3点が考えられる。

- ①自動正着のS字カーブの曲率を抑える
- ②速度を揃えて比較する
- ③一般の路線バスの加速度と比較する

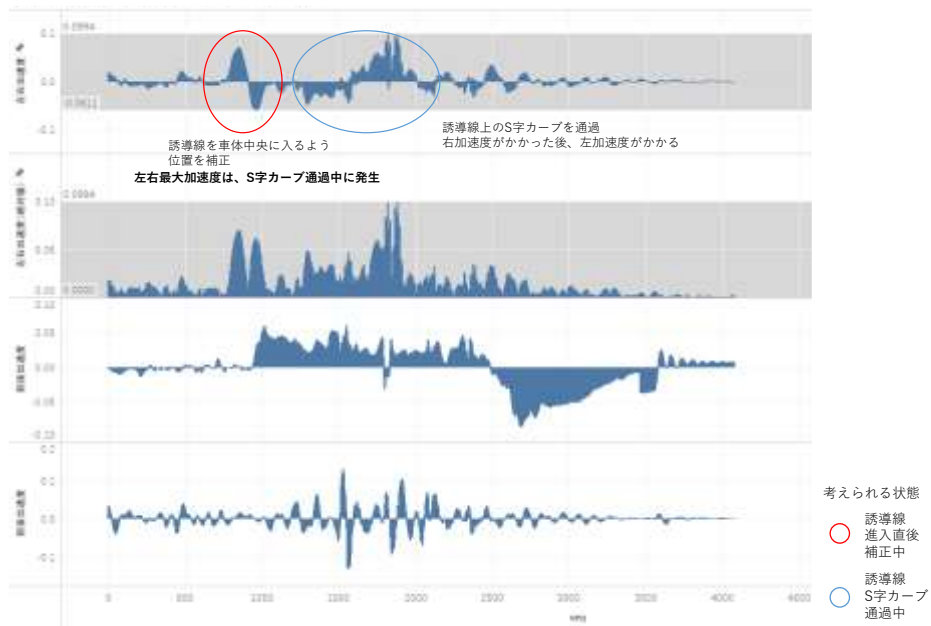


図 3-60 停車時の加速度推移の一例（自動正着）

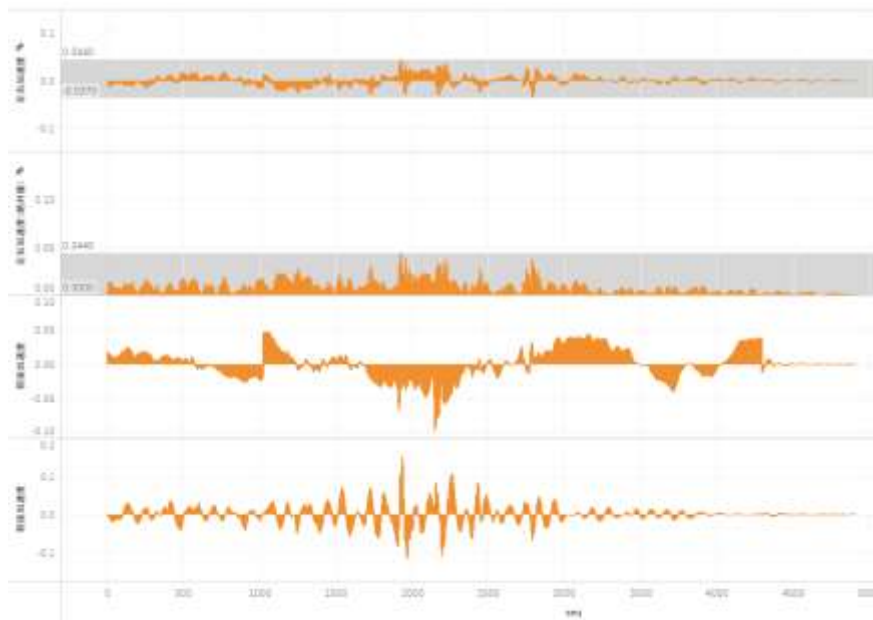


図 3-61 停車時の加速度推移の一例（手動正着）

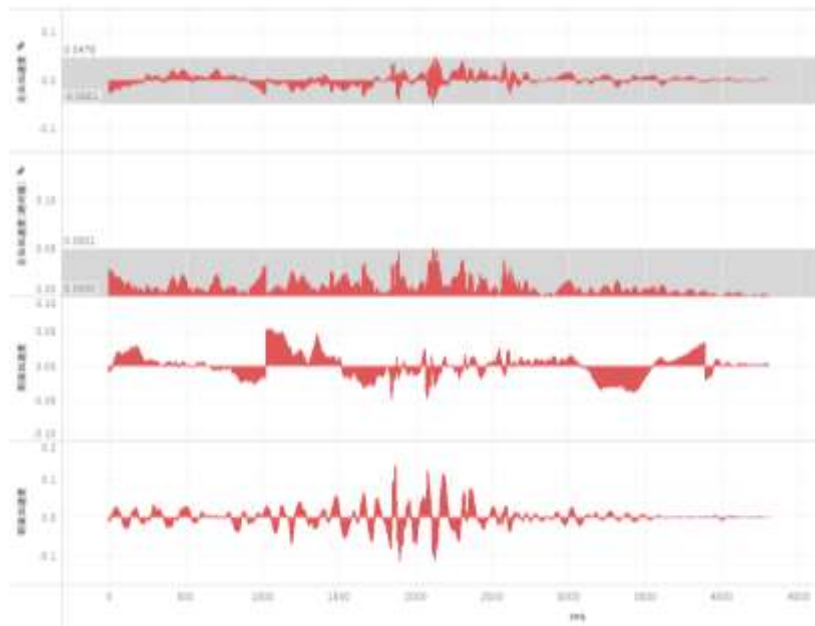


図 3-62 停車時の加速度推移の一例（通常の停車）

2) 被験者の転倒有無

被験者の転倒は観測されなかった。

3) 被験者の転倒リスク

被験者の回答結果と加速度の関係を以下に示す。0.12G 以下であれば、バランスを崩しそうになる人の割合は少ないが、0.12G を超えると急増することがわかる。

図 3-59 に示すとおり、自動正着においても習熟すると概ね 0.08G を下回る範囲に左右加速度は収まる。このことから、自動正着の運転を習熟すれば、停車・発進時の転倒のリスクは基本的にはないと考えられる。

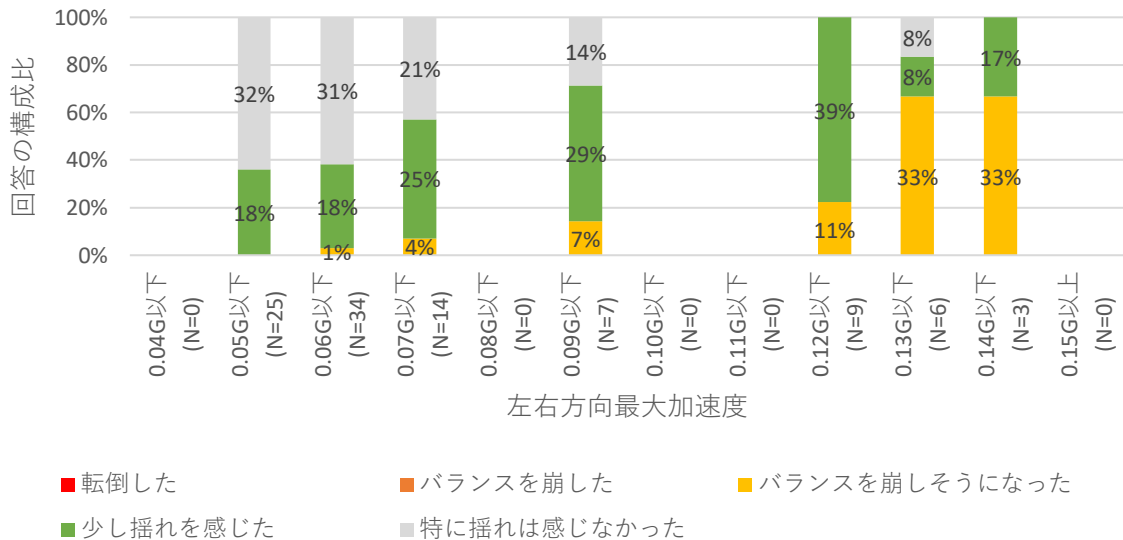


図 3-63 左右方向最大加速度と転倒リスクの関係

(4) まとめ

- 今回の実験では、通常の停車、手動正着、自動正着のいずれの停車パターンにおいても、転倒する人はおらず、最大加速度はヒヤリハットの水準を十分下回る。
- 手動正着では、ゆっくりとタイヤをバリアレス縁石に接触させていたため、左右方向の加速度の増大はほとんどない。
- 自動正着では、進入時に誘導線中心に車体を合わせられなかった場合や、誘導線のカーブ自体が急な場合に、比較的大きな左右加速度が生じやすい。
- 運転手が誘導線の中心に車体を合わせることを習熟すると、誘導線進入時等の左右加速度は通常の停車と同程度に抑えられることが多くなる。この場合、乗客が手すり等につかまらない場合でもバランスを崩す等の転倒リスクは生じにくい。
- 誘導線は法定線との干渉が許されず、多くのバス停に設置するには誘導線を極力短く設定する必要がある。今回の誘導線の設置にあたっては、この考えを踏襲して誘導線を短く設定したため、S字カーブの曲率は急である。今後、誘導線の曲率の緩和のため、専用レーンの設置などを検討する必要がある。

一方、モニター調査（アンケート調査）では、以下の意見が寄せられていた。

「通常の停車」が「手動正着」や「自動正着」より揺れが少ないと回答したが、「通常の停車」がいつものバスよりかなり静かに停まっていたためであり、普段街中で乗るバスと比較すると、「手動正着」、「自動正着」は揺れが少ないと感じた。

今回の調査は晴海 BRT ターミナルの閉鎖空間で、1回1回の走行を丁寧に実施しているために、停車・発進時の横揺れについては、通常を再現できていない可能性もある。今後、営業走行のバスで左右方向の加速度を取得するなど、調査方法の工夫が必要である。

4. まとめ

3章までに整理した2021年度の業務成果と2020年度の業務成果を合わせて、調査全体のまとめを作成した。

4.1 システム使用条件の明確化

夜間、雨天、降雪時などの異なる環境条件における正着装置のエラー発生状況をシステム使用条件（照度、雨量、降雪）との関係で整理した。

2020年度は照度と降雪について調査を行い、誘導線を認識する夜間の照度条件は30lux以上であること、路面にうっすらと降雪している場合は誘導線を認識しないことを確認した。

2021年度は雨量について調査を行い、降雨時（0.25mm/h）は誘導線を認識しない照度が680luxとなった。このことから、降雨時は晴天時と比べて誘導線の認識に必要な照度が上昇することが明らかとなった。

この照度不足への対応として、照明を設置することで使用可能時間を延ばすことが考えられる。

4.2 誘導線耐久性確認

誘導線の耐久性を評価するため、誘導線の劣化状況（剥離率）を計測し、誘導線の劣化速度を把握した。また、剥離した誘導線を再現したグランシヤルシート（剥離率を複数設定）を誘導線上に貼り、その際のカメラの認識状況を観測して、カメラが認識しなくなる剥離率の閾値を把握した。これらの結果を元に、メンテナンスが必要となる期間を推定した。

2020年度はグランシヤルシートを用いた仮設の誘導線を用いて、塗装の剥離率とカメラの認識性能を確認した。その結果、剥離率が60%となると正着制御が行われなことを確認し、剥離率50%を越えた時点でメンテナンスが必要であることを確認した。

また、2020年11月21日、2021年4月27日、2021年11月24日の3時点で誘導線4箇所劣化状況を画像に記録し、経年劣化を確認した。その結果、時間経過とともに4箇所すべてで剥離率は増加した。この3時点のデータから誘導線劣化のペースを箇所ごとに線形近似し、剥離率が50%を越える時点を推計すると、最短で約5年、最長で約10年で剥離率が50%に達することが明らかとなった。

ただし、誘導線上を通過する車両が多くなる公道のバス停では上記より劣化速度が早くなる可能性があり、専用レーンの設置が望まれる。

4.3 正着によるバリアフリー化効果の検証

募集したモニターへのアンケート調査や運転者へのヒアリングを通じて、利用者や運転者が認識した正着技術の効果を把握した。

アンケート調査は 2020 年度に 31 名、2021 年度に 118 名のモニターに対して実施し、バスの停車パターン（自動正着、手動正着、通常の停車）別に、バスとバス停間の隙間や段差、停車時の横揺れについて評価を行った。自動正着は通常の停車と比較してバスとバス停間の隙間や段差が少ないために、降車しやすいと回答した被験者が 7 割を越えていた。一方、手動正着は、バスとバス停間の隙間の平均値は自動正着と比べて大差ないが、運転手の技術によって隙間の分散が大きくなるため、隙間が大きく開いたときの評価が悪く、バスとバス停間の隙間や段差についての評価は自動正着が一番良い結果となった。

自動正着バスを今後「利用したい」もしくは「どちらかと言えば利用したい」と回答した人の割合は 9 割を超えており、その理由として「バスとバス停の隙間が小さく乗降しやすいから (68%)」や「バスとバス停の段差が小さく乗降しやすいから (63%)」を挙げる人が多く、このことから、自動正着はバリアフリー効果が高いことが明らかとなった。

一方、自動正着が誘導線への進入時に横揺れを起こすため、停車時の横揺れについては手動正着や通常の停車と比較して低い評価となっており、自動正着の運転を習熟する機会を用意するなど対応を図る必要がある。

4.4 正着による乗降時の時間短縮効果

誘導線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した。正着による乗降時の時間短縮効果を車いす利用者数等の利用者属性毎に整理するとともに、この属性別の時間短縮効果と利用者数から、路線全体に拡大した場合の時間短縮効果を把握した。

2020 年度はモニターを募集し、利用者属性別、バスの停車パターン別に各モニターの乗降時間を把握した。自動正着は通常の停車と比べるとベビーカー利用者で 3.7 秒、車いす利用者で 32.4 秒、高齢者・一般の乗客で 0.9 秒、乗降時間が短縮した。

2021 年度はバス事業者から BRT 路線のバス乗降者数を提供してもらうとともに、

通常運行している東京 BRT の出入口にビデオを設置・録画し、事後的に目視で確認することで利用者の属性を把握した。1 日でみると、ベビーカー利用者の割合は平日で上り・下りとも 1%以下、休日で上り 3.2%、下り 1.5%、車いす利用者は休日の昼間に 1 人（利用割合は 0.5%）であった。これらの結果を用いて、現在の東京 BRT のすべてのバス停で自動正着が行われた場合の時間短縮効果を求めたところ、1 運行当りでは最大 25.8 秒、1 日当りでは最大 12.4 分の時間短縮効果が見込まれた（総走行時間に対する短縮時間の比は 0.7%）。

現在の東京 BRT は本格運行ではなく、コロナ禍でもあるため、利用者数は多くない。しかし、将来においては、利用者が現状よりも増加する可能性が高く、また、車いす利用者やベビーカー利用者の割合も増加する可能性がある。そのため、これらを想定した感度分析を行った。利用者数が現状の 2.5 倍に増加し、車いす利用者・ベビーカー利用者の割合が総人口に占める車いす利用者・ベビーカー利用者の割合まで高まると、1 日当りでは最大 47.9 分の時間短縮効果となった（総走行時間に対する短縮時間の比は 2.6%）。

4.5 乗降時・降車時の転倒防止効果検証

利用者の乗降状況を画像で録画し、乗降時の利用者のつまずき状況（乗り降りしにくそうな人、転倒、つまずいた人の割合）をバスの停車パターン別に把握した。

乗降時に転倒あるいはつまずく人は皆無であった。

車いす利用者に着目すると、通常の停車ではバスとバス停間の隙間が大きいため、車いす利用者は自力で乗降できず、乗降するためにはスロープ板の使用が必要である。これにより、乗降時の隙間はなくなるが、乗降時間は長くなる。

一方、自動正着・手動正着はバスとバス停間にわずかな隙間が生じてしまうため、車いす利用者が隙間の上をゆっくりと通過する場合に、前輪が隙間に引っかかるリスクが生じる。ただし、車いすに慣れた利用者は乗降時に前輪を上げて走行することや、隙間が狭く通過速度が十分に速ければ前輪が引っかからないなど、個々の対応でリスクが低減することも確認した。

また、モニター調査のアンケート結果をみると、自動正着により乗降時の安全性が向上すると考える人が 7 割程度と多い。車いす以外の利用者は、自動正着は通常の停車と比較して隙間や段差が解消されるため、乗降時の転倒防止効果（安全性）が高まることがアンケート結果からも明らかとなった。

4.6 停車・発進時の転倒防止効果検証

バスの停車・発進時の車両の挙動（操舵角）と車内の乗客状況を動画で記録し、体の揺れの状況と停車・発進時の前後左右の加速度をバスの停車パターン別に把握した。

左右方向の最大加速度は自動正着が 0.1G（平均値）と最も大きく、次いで通常の停車、手動正着の順であった。ただし、いずれの停車パターンでも転倒する人は皆無であった。

自動正着は誘導線進入時等と誘導線の S 字カーブを通過する際に横揺れが生じるため、左右方向の最大加速度が大きくなる。誘導線進入時の横揺れは、運転手の自動運転に対する習熟度合いが影響しており、習熟のためテスト走行を繰り返した運転手は停車時の左右方向の最大加速度が 0.06G（平均値）と通常の停車や手動正着とほぼ同様の値を示していた。また、被験者によるアンケート結果をみると、左右方向の最大加速度が 0.12G を超えるとバランスを崩しそうになったとする回答が急増しており、習熟することで左右方向の最大加速度が低減すると転倒リスクも低減する可能性があることが明らかとなった。

一方、誘導線の S 字カーブを通過する際の横揺れについては、誘導線を長く設定して S 字カーブの曲率を緩和することで改善が可能である。誘導線は法定線との干渉が許されず、多くのバス停に設置するには誘導線を極力短く設定する必要がある。今回の誘導線の設置にあたっては、この考えを踏襲して誘導線を短く設定したため、S 字カーブの曲率は急である。今後、誘導線の曲率の緩和のため、専用レーンの設置などを検討する必要がある。

モニター調査（アンケート調査）によると、実験では、通常の停車がいつものバスよりかなり静かに停まっており、街中で乗るバスと比較すると、手動正着、自動正着は揺れが少ないと感じたとの意見もあり、今後、効果を検証するにあたり、調査方法に工夫が必要である。

4.7 検証項目以外の課題

(1) 事故発生時の責任について

誘導線式正着制御は Level2 の運転支援システムのため、事故発生時（前後、左右方向の加減速による車内転倒事故を含む）は運転手の責任となり、事業者としては採用のハードルが高い。少なくとも車内転倒事故に関しては、事業者、運転手が「立席時は転倒防止のため吊革等につかまること」の注意喚起を十分行うことにより、転倒者の自己責任とすることなどの検討も必要である。

(2) 誘導線の整備主体について

誘導線の整備主体を誰とするかについては、現状、明確化されておらず、事業者に誘導線の整備を求めると採用のハードルは高くなる。したがって、誘導線を道路構造物の一部として道路管理者が整備すべきことを明確化することが望ましい。

(3) 専用レーンの設置について

BRT としての速達性・定時性確保のためには、諸外国の BRT に多くみられる中央車線寄りの完全専用レーンが好ましい。このことにより、正着制御に使用する誘導線の耐久性向上、誘導線の設置が可能なバス停の増加、誘導線の曲率の緩和による横方向加速度の低下が期待される。

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)が管理法人を務め、内閣府が実施した「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）」(NEDO 管理番号：JPNP18012)の成果をまとめたものです。