

「戦略的イノベーション創造プログラム
(S I P)・自動走行システム」
自動走行システムの実現に向けた諸課題と
その解決の方向性に
関する調査・検討における公共交通の乗車
時間短縮に係る調査検討報告書

平成 29 年 3 月

豊田通商株式会社

本報告書は、内閣府の科学技術イノベーション創造推進委託費による委託業務として、豊田通商株式会社が実施した平成28年度「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）・自動走行システム」自動走行システムの実現に向けた諸課題とその解決の方向性に関する調査・検討における公共交通の乗車時間短縮に係る調査検討」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、内閣府に帰属しており、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、内閣府の承認手続きが必要です。

目 次

第1章 調査の概要	1
1. 1. 調査の目的	1
1. 2. 調査項目	2
1. 3. 調査のスケジュール	3
第2章 見かけ無料認証方式の検討	4
2. 1. バス乗降時間の調査	4
2. 1. 1. 乗車時間	4
2. 1. 2. 交通系 IC カード購入に関して外国人観光客アンケート	9
2. 1. 3. まとめ	18
2. 2. 各認証方式の調査結果	20
2. 2. 1. 前提条件	20
2. 2. 2. 交通系以外の電子マネー (WAON 等)	23
2. 2. 3. クレジットカードの IC 機能 (非接触)	26
2. 2. 4. Apple Pay などモバイル決済	30
2. 2. 5. Bluetooth・QR コード利用のモバイル決済 (Origami Pay、アリペイ等)	33
2. 2. 6. BLE ビーコン (スマートフォン利用型)	36
2. 2. 7. BLE ビーコン (ビーコンタグ利用型)	42
2. 2. 8. 実証実験	47
2. 2. 9. 乗降口を増やした場合の実験	74
2. 2. 10. まとめ	79
2. 2. 11. BLE ビーコンと ART センター連携	82
第3章 車椅子固定の簡素化	85
3. 1. ジェットコースター型の方式検証	85
3. 1. 1. ジェットコースター型安全バーに至った経緯の整理	85
3. 1. 2. ジェットコースター型の実証実験	89
3. 2. チャイルドシートやミニバン等の格納式座席と類似な方式もしくは全く新しい発想に基づく簡素な固定脱着方式の検討	139
第4章 見かけ無料ビジネスモデル	146
4. 1. 国内外の事例調査	146
4. 1. 1 地域モデル	146
4. 1. 2 観光モデル	151
4. 1. 3 広告モデル	154
4. 1. 4 ポイントモデル	157
4. 2. 見かけ無料ビジネスモデル	160

4. 2. 1. 電子マネー利用モデル.....	160
4. 2. 2. BLE ビーコン利用モデル.....	162
4. 2. 3. まとめ.....	164
第5章 調査のまとめ.....	165
第6章 ART の将来に向けた提案.....	166

第1章 調査の概要

1. 1. 調査の目的

昨年、平成27年度の「公共交通の乗車時間短縮に係る調査」では、路線バス乗降時間短縮のため、「バス乗降時に運賃収受を必要としない仕組み（見かけ無料）」と、

「車椅子利用者自身が操作可能な車椅子固定の仕組み」の二つの調査を行った。いずれの調査も、国内・海外の事例を調査し、新たな仕組みを検討したが、実証実験を行うには至らなかった。今年度は昨年の調査内容を踏まえ、下記3点の検証を行う。

- (1) 「見かけ無料」認証方式の検討
- (2) 車椅子固定の簡素化
- (3) 「見かけ無料」のビジネスモデルの検討

本調査では、上記3点について、ARTの実現に向けた検討に活用できるよう、具体的な検証を行うことを目的とする。

1. 2. 調査項目

「公共交通の乗車時間短縮に係る調査仕様」に基づき、以下の項目についての調査を実施した。

(1) 「見かけ無料」認証方式の検討

実際のバスの乗降時間等を調査し、乗車時間がかかっている原因を分析した。その上で、乗車時間を短縮できる新しい運賃収受の認証方式を選択し、バス内で技術的に使用可能かどうか検証を行った。

(2) 車椅子固定の簡素化

昨年度の調査検討で机上検討した「ジェットコースター型安全バー」の試作を行った。実際の路線バスに試作機を取り付け、公道走行を行って安全性や固縛の簡単さを証明した。公道走行にあたっては、東京都による2019年のARTの運行を想定して、コース選定、走行を行った。

(3) 「見かけ無料」ビジネスモデルの検討

国内外の様々な無料バスの事例を調査し、無料を成り立たせている要素を抽出した。運賃収受に係る時間そのものをなくし、乗車時間を短縮するため、実現可能な無料モデルの検討を行った。

1. 3. 調査のスケジュール

調査スケジュールを図表 1- 1 に示す。

図表 1- 1 調査スケジュール

調査内容	平成 28 年			平成 29 年		
	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
(1) 「見かけ無料」認証方式の検討	認証方式 検討		実証実験 準備作業	実験 実施	結果 検証	
(2) 車椅子固定の簡素化	機器 試作	予備実験 実施	実証実験 準備作業	実験 実施	結果 検証	
	ジェットコースター型以外の方式の机上検討等					
(3) 「見かけ無料」ビジネスモデルの検討	事例 調査	事例 評価	ビジネスモデル考案・ 実機検証計画策定			結果 検証
(4) 調査報告書の作成					調査報告書 作成	
		★ 受託者説明		★ 中間報告		★ 最終報告 成果物納品

なお、SIP・自動走行システム推進委員会 次世代都市交通 WG（第 38 回：平成 28 年 11 月 9 日、第 40 回：平成 29 年 1 月 18 日、第 42 回：平成 29 年 3 月 8 日）において調査の受託者説明、中間報告を実施し、有識者からの指摘や、参考となる他事例の情報など、調査検討を進める上での有用な意見を得た。

第2章 見かけ無料認証方式の検討

2. 1. バス乗降時間の調査

混雑する時間帯の路線バスの乗降時間を実際に計測し、交通系 IC カードによる乗車と現金による乗車で、どれだけスピードに差があるのかを調査した。交通系 IC カードのチャージ不足の発生件数と、それにかかる時間についても調査した。降車については、一般的な路線バスでは降車口は 1 か所のみだが、前後両方の出入口から降車する場合、速度がどれだけ違うのか計測した。

2. 1. 1. 乗車時間

混雑する時間帯の路線バスの乗車時間を計測し、交通系 IC カードと現金で運賃収受にどれだけ差があるのかを調査した。交通系 IC カードのチャージ不足の発生件数と、それにかかる時間についても調査した。

(1) 乗車時間

① 計測方法・場所

計測方法：乗客の足がバスに乗った瞬間から、決済が完了するまでの時間を計測。

計測場所：京成バス 小 55 金町～小岩間（均一料金、前乗り後ろ降り）

（平日朝 7 時から 9 時台は、1 時間あたり 10～15 本の発車がある混雑路線である）

計測日時：2016 年 10 月 28 日 8 時から 9 時 30 分 及び 18 時から 19 時 30 分

計測数：537 人(バス 40 本)

IC カード利用者：505 人(94%)、 現金利用者：32 人(6%)

※シルバーパスなど見せるだけで通過した乗客は、運賃収受時間の短さから、IC カード利用者としてカウント。

② 調査結果

交通系 IC カードの乗車平均時間は 1 人当たり 2.02 秒、現金は 4.64 秒となった。

図表 2- 1 乗車時間調査結果

種類	乗車平均時間
交通系 IC カード	2.02 秒
現金	4.64 秒

現金による運賃収受の場合、おつりの出る時間が長いなど、IC カードに比べ乗車時間が 2.3 倍かかっている。

図表 2- 2 チャージ不足調査結果

チャージ不足の割合	5 人/537 人中
チャージ不足平均時間	12.4 秒

チャージ不足は 537 人中 5 人（約 1%）であり、その対応には一人当たり 12.4 秒と、現金の約 3 倍もの時間がかかっている。（チャージ不足に気付いた後に財布を取り出すなど時間がかかる）

③ 結果分析

・交通系 IC カード

京成バス株式会社にヒアリングした結果、同社では利用者の 80%が交通系 IC カードを利用しているということだが、調査時も交通系 IC カードの利用率が高く、利用者の 94%が交通系 IC カードを利用していた。乗車にかかる時間は非常に速い。

・現金

現金の場合、通勤時間帯ということもあり、ほとんどの利用者が財布からお金を出して用意した状態で乗車していたが、料金箱に運賃を入れてからお釣りが出る時間などがかり、交通系 IC カードの約 2 倍だった。もし利用者が小銭を持っておらず、両替を行った場合はさらに時間がかかるだろう。なおバス内では基本的に、千円札以上の高額紙幣は両替できないため、利用者が千円札や小銭を持ち合わせていない場合、運賃を徴収しない。この場合も、運転士が利用者に、次回以降に支払うよう説明するため、時間がかかると思われる。

・チャージ不足

現金よりもさらに時間がかかるのが、チャージ不足の対応である。交通系 IC カードがチャージ不足だった場合、まず運転士がチャージ不足を指摘し、チャージするか現金で支払うかを選ばせる。その後、乗客が財布を取り出してチャージする、あるいは現金で支払うため、非常に時間がかかっていた。

バス停によっては、チャージ不足の乗客が複数いたため、ダイヤ通りに出発できないバスもあった。

・チャージ不足への対応

PiTaPa のような後払い型の交通系 IC カードの場合、チャージ不足は発生しないが、PiTaPa エリア（関西）以外ではオートチャージが使用できない、発行に時間がかかるなどデメリットがある。

発行枚数が多く、主に首都圏で利用されている Suica・PASMO は前払い型であり、チ

チャージ不足の乗客は一定の割合で発生する。クレジットカード情報を紐付けたオートチャージ機能付きの Suica や PASMO もあるが、バスの IC 運賃機では基本的にオートチャージが利用できない。オートチャージを可能にするにはクレジットカード会社とのオンライン処理が必須であり、バス内で通信環境を整備するのにコストがかかるためと思われる。現在のところ、バス内でオートチャージが可能なのは、東急バス株式会社の「東急バスノッテチャージサービス」のみである。

図表 2- 3 主な交通系 IC カードの一覧

IC カード名	発行枚数 (万枚)	地域	支払方法	オートチャージ	モバイル対応
Suica	5,859	首都圏	前払い	対応	あり
PASMO	3,128	首都圏	前払い	対応	なし
PiTaPa	296	関西	後払い	対応	なし
ICOCA	1,316	関西	前払い	未対応	なし
manaca	466	中部	前払い	未対応	なし
Kitaca	101	北海道	前払い	未対応	なし
SUGOCA	190	九州	前払い	未対応	なし
nimoca	295	九州	前払い	対応	なし
はやかけん	88	九州	前払い	未対応	なし

出所：月刊消費者信用 2016年9月号

結論として、現金による運賃收受と、交通系 IC カードのチャージ不足を減らすことで、乗車時間の短縮につながると考えられる。

(2) 降車時間

降車時間については、一般的な路線バスでは降車口は 1 か所のみであるため、車内が混雑している場合、降りたい乗客が他の乗客をよけて降車口に移動するのに余計な時間がかかっていると予想できる。前後両方の出入口から降車する場合、降車にかかる速度がどれだけ違うのかを計測した。

①計測方法・場所（降車口が後ろのみの場合）

計測方法：バスが停車し、後方のドアが開いてから最後の乗客が降りるまでの時間を計測。降りた乗客数をカウントして平均を算出。

計測場所：東急バス 黒 01 大岡山小学校～目黒駅前間（均一料金、前乗り後ろ

降り)

(平日朝7時から9時台は、1時間あたり20本以上の発車がある混雑路線である。終点の目黒駅前以外のバス停では乗客は後方降車口のみから降車するが、車内が混雑しており、通路の人をよけながら降車口に向かうため時間がかかる。)

計測時間：2016年10月27日 7時から9時

計測数：78人 (バス5本)

②計測方法・場所(降車口が前後両方の場合)

計測方法：バスが停車し、前後のドアが開いてから最後の乗客が降りるまでの時間を計測。降りた乗客数をカウントして平均を算出。

計測場所：東急バス 黒01 大岡山小学校～目黒駅前間(均一料金、前乗り後ろ降り)

(終点である目黒駅前では、乗客は前後両方の出入口から一斉に降車するようになっている)

計測時間：2016年10月27日 7時から9時

計測数：207人 (バス4本)

③計測結果

図表 2-4 降車時間調査結果

降車口	降車平均時間
後ろのみの場合	2.34秒
前後両方の場合	0.66秒

降車口が後ろのみの場合、一人当たりの降車時間は2.34秒だが、降車口が前後両方の二つあった場合、0.66秒となり大幅に短縮された。

④降車時間の分析

混雑するバスでは、降車客が座席から後方降車口へ移動する時間がかかる。前後両方から降車した場合と降車口が一つの場合とでは、降車時間は3.5倍にもなる。

乗降口を増やすのは乗降時間短縮に有効であると考えられる。

(3) 課題

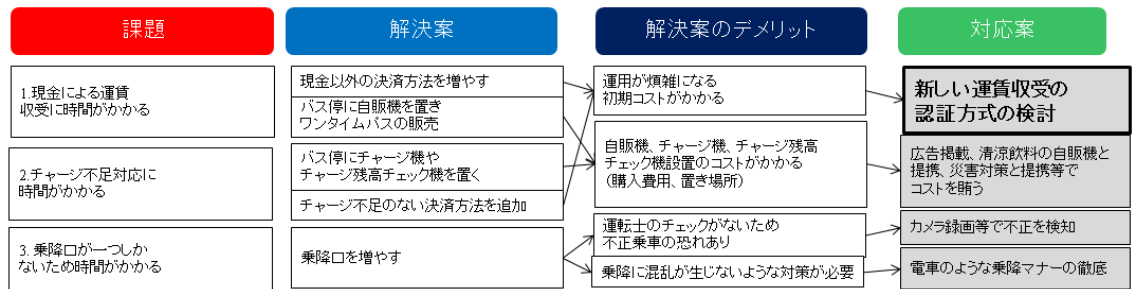
現在のバスの乗降時間の計測により、改めて下記3つの課題が浮き彫りになった。

1. 現金による運賃収受に時間がかかる
2. チャージ不足対応に時間がかかる

3. 乗降口が一つしかないため時間がかかる

それぞれの課題について解決案を探っていった結果が、下記の図である。

図表 2- 5 課題と対応案



①現金による運賃収受をなくす（バス車内のキャッシュレス化）

現金による運賃収受をなくすためには、現金以外の決済方法を増やすことが第一である。

欧米のようにバス停に自販機を置き、1 回券（ワンタイムパス）を販売する方法もあるが、この方法には自販機設置のコストがかかる上、運転士がワンタイムパスを確認すると時間がかかってしまう。昨年度の調査でも、欧米では信用乗車や検札が普及しているため、運転士が確認する必要はないが、日本にはその習慣が根付いていないため、導入が難しい。

バス車内でのキャッシュレス化を目指すには、交通系 IC カードの購入率を高めることも有効である。交通系 IC カードは日本人には十分普及しているが、外国人観光客はまだまだ利用率が低いと思われる。外国人観光客については、アンケート調査を実施した結果を 2. 1. 2 に記載する。

②チャージ不足対応

チャージ不足に時間がかかる点については、バス車内でのオートチャージができればよいが、前に述べたとおりバスの全車両にオートチャージ環境を整備する必要があり、コスト面で導入は難しい。バス停にチャージ機や残高チェックをできる機械を設置するにはコストがかかる。

③乗降口が一つしかないため時間がかかる

乗降口が一つしかないため時間がかかる点だが、前後両方から降車した場合、降車時間が大幅に短縮されることが判明したが、こういった降車をしているのは、人が乗ってこない終点のバス停のみである。

もし、終点以外のバス停でも、前後両方からの乗車・降車を実現した場合、乗降時間は短縮できるかどうか、混雑したバス車内を再現して、乗降実験を実施しており、その結果を 2. 2. 8 に記載する。

2. 1. 2. 交通系 IC カード購入に関して外国人観光客アンケート

交通系 IC カードの弱みとして、外国人の利用が少ないことを挙げたが、なぜ訪日外国人は交通系 IC カードを利用しないのか、外国人観光客に街頭アンケートを実施した。3 日間のアンケートの結果、301 件の回答が得られた。

(1) アンケート概要

図表 2- 6 外国人観光客アンケートの概要

場所	新宿、原宿、秋葉原、築地、東京駅などの都内観光地
対象	個人旅行の観光客
使用言語	英語、中国語（簡体字）
調査期間	3 日間

対象を個人旅行の観光客のみとした理由は、団体ツアー参加者の場合、大型バスなどでまとまって移動することが多く、公共交通機関を利用する機会が少ないためである。

アンケートの設問は以下 13 問である。

- ①国籍
- ②年齢
- ③性別
- ④これまでに日本に旅行した回数
- ⑤日本旅行中にバスを利用したか？
- ⑥交通系 IC カードを購入したか？
- ⑦交通系 IC カードを購入しなかった理由
- ⑧どうすれば交通系 IC カードを購入したいか？
- ⑨交通系 IC カードを購入した理由
- ⑩交通系 IC カードを購入してよかった点
- ⑪交通系 IC カードを購入してよくなかった点
- ⑫交通系 IC カードを返却したか？
- ⑬普段、現金以外で使用している支払方法について

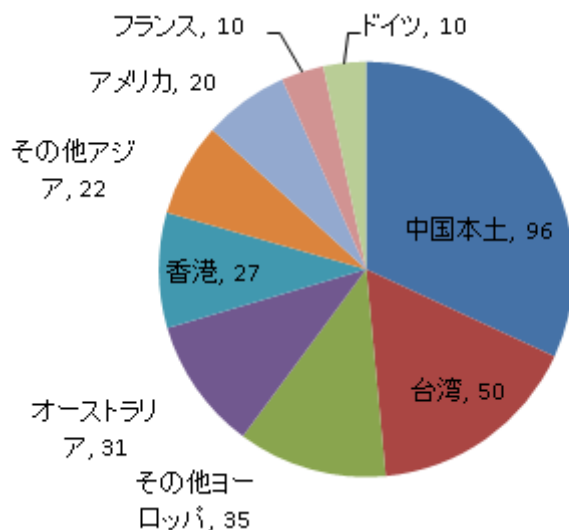
(2) アンケート結果

アンケートに参加した人は、次のような結果となった。

①国籍

国籍については、中国本土からの観光客が最も多く、ついで台湾、その他ヨーロッパ、オーストラリアなどが多かった。

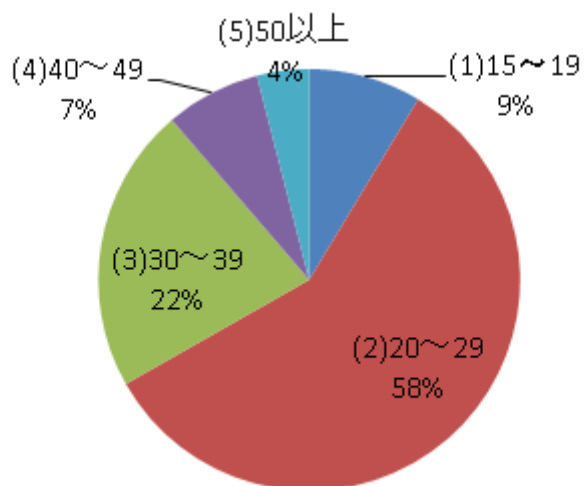
図表 2- 7 国籍分布



②年齢

年齢は20代が最も多く、30代、10代と続いた。

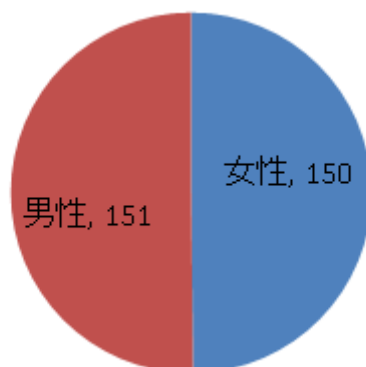
図表 2- 8 年齢分布



③性別

性別は男女半々だった。

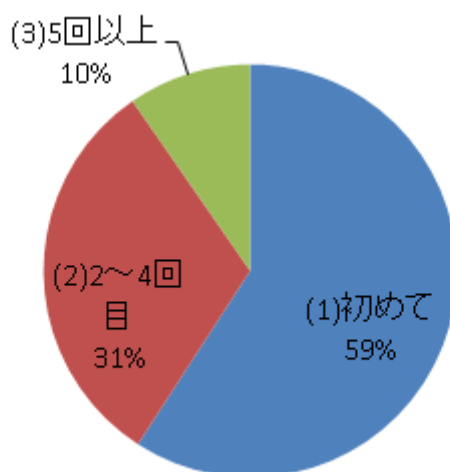
図表 2- 9 性別分布



④これまでに日本へ旅行した回数

日本への旅行回数は、初めてが最も多かった。5回以上来日している人も10%存在した。

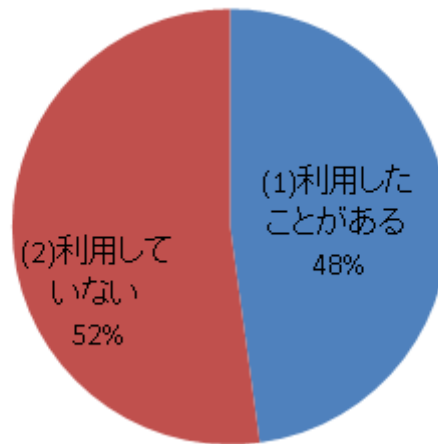
図表 2- 10 日本への旅行回数



⑤日本旅行中にバスを利用したか？

半数の人が、日本旅行中にバスを利用していた。

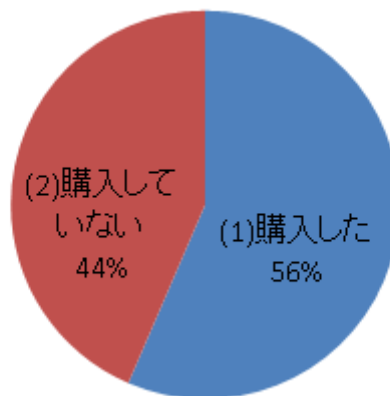
図表 2- 11 バスを利用したか



⑥交通系 IC カードを購入したか？

Suica・PASMO などの交通系 IC カードを購入したかという質問には、購入したと答えた率は 56%、購入していない率は 44%であり、わずかながら、購入した人が多い結果となった。日本人の 8 割が交通系 IC カードを使用していることに比べると、外国人の購入率は低い。なお国籍、年齢、性別、来日回数による購入率の違いは見られなかった。

図表 2- 12 交通系 IC カードの購入率

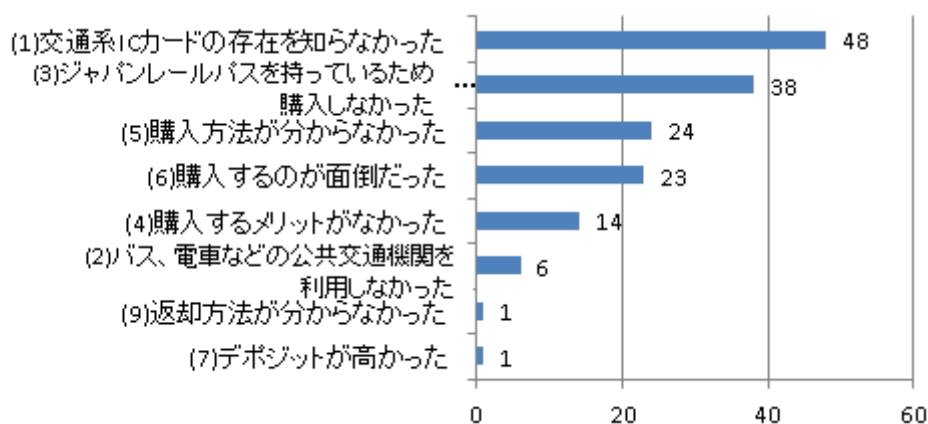


⑦交通系 IC カードを購入しなかった理由

交通系 IC カードを購入しなかったと答えた人に対し、購入しなかった理由を質問した。結果、「交通系 IC カードの存在を知らなかった」の割合が一番高く、交通系 IC カードについての周知が十分にされていないと思われる。ついで「ジャパンレールパス

を持っているため購入する必要がなかった」の割合が高かった。外国人観光客の場合、ジャパンレールパスがあればJRの鉄道は乗り放題のため、便利なチケットの存在が交通系ICカードの普及を阻んでいるという、皮肉な結果となった。また、「購入方法が分からなかった」「購入するのが面倒だった」という回答も多く、購入方法が分からず、購入を控えている傾向がある。そもそも交通系ICカードの存在を知らない人が多いため、「(7)デポジットが高かった」「(8)返却手数料が高かった」「(9)返却方法が分からなかった」の割合は低かった。

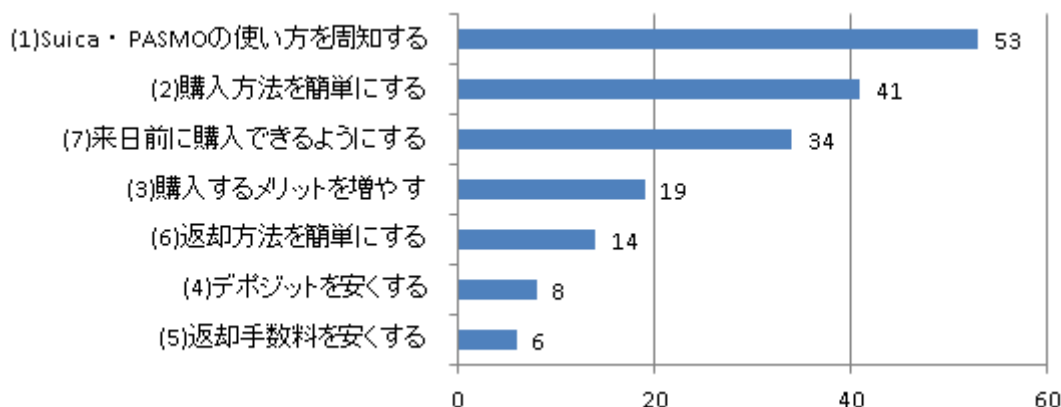
図表 2- 13 交通系 IC カードを購入しなかった理由



⑧ どうすれば交通系 IC カードを購入したいか？

交通系 IC カードを購入しなかったと答えた人に対し、どうすれば交通系 IC カードを購入するかを質問した。回答では「(1)Suica・PASMOの使い方を周知する」が一番多かった。また「(2)購入方法を簡単にする」「(7)来日前に購入できるようにする」の割合も高かった。「(4)デポジットを安くする」「(5)返却手数料を安くする」の割合が低いことから、価格の高さはあまり影響していないと思われる。

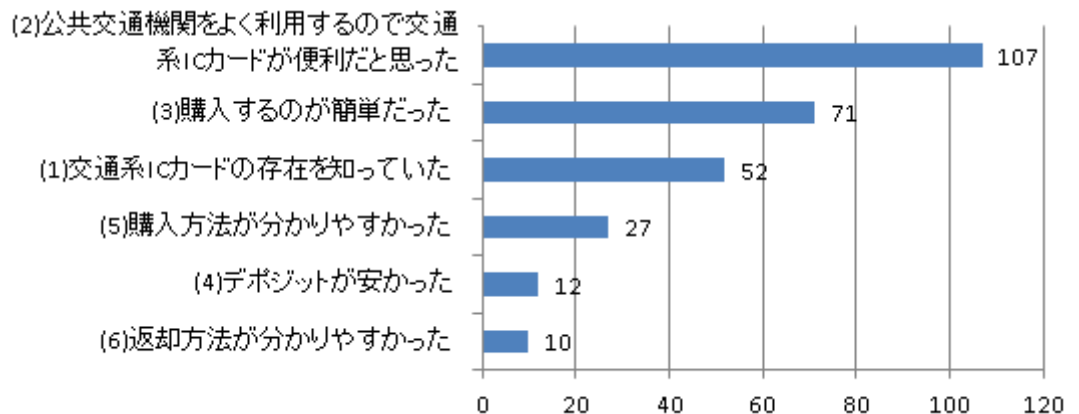
図表 2- 14 どうすれば交通系 IC カードを購入したいか



⑨交通系 IC カードを購入した理由

交通系 IC カードを購入したと答えた人に対し、購入した理由を質問した。「(2)公共交通機関をよく利用するので交通系 IC カードが便利だと思った」が圧倒的に多かった。公共交通機関を利用するにあたっての、交通系 IC カードの便利さは外国人観光客にも理解されているようだ。次いで「(3)購入するのが簡単だった」「(1)交通系 IC カードの存在を知っていた」があった。交通系 IC カードの便利さを知っている場合、購入するのに敷居が低いことがうかがえる。

図表 2-15 交通系 IC カードを購入した理由

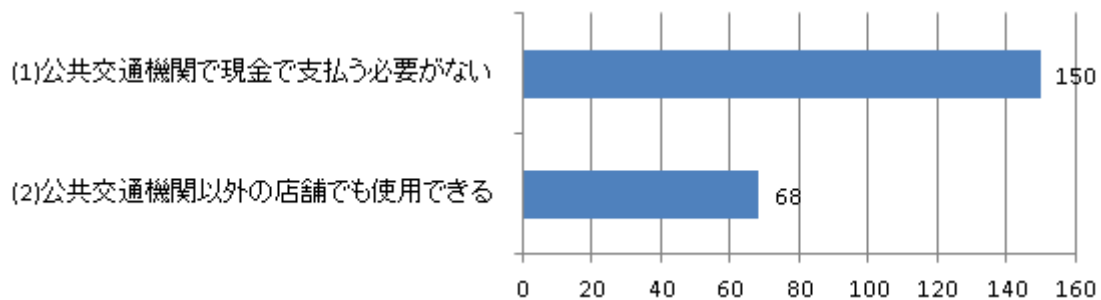


⑩交通系 IC カードを購入してよかった点

交通系 IC カード を購入したと答えた人に対し、購入してよかった点を質問した。

「公共交通機関で現金で支払う必要がない」と答えた人が圧倒的に多かった。

図表 2-16 交通系 IC カードを購入してよかった点

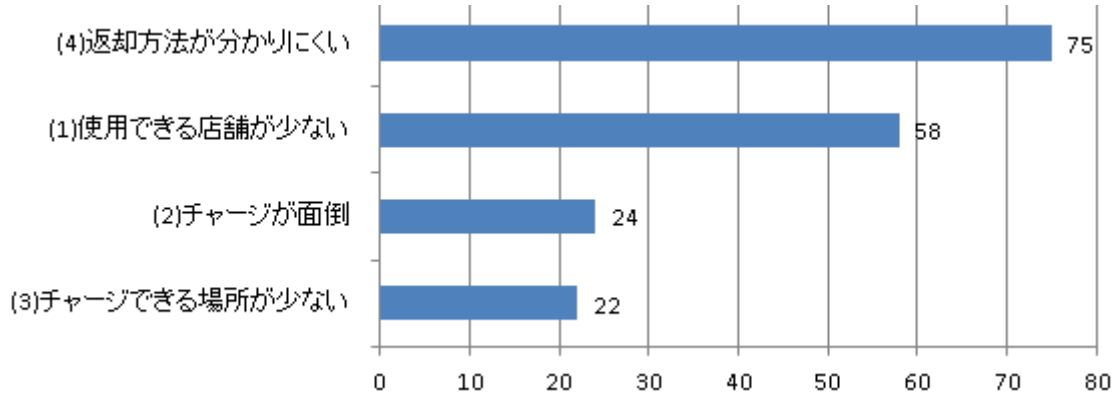


⑪交通系 IC カードを購入してよくなかった点

交通系 IC カード を購入したと答えた人に対し、購入してよくなかった点を質問した。「返却方法が分かりにくい」がトップで、「使用できる店舗が少ない」が続いた。

「チャージが面倒」「チャージできる場所が少ない」という声もあった。返却方法やチャージ方法を簡単にする必要がある。

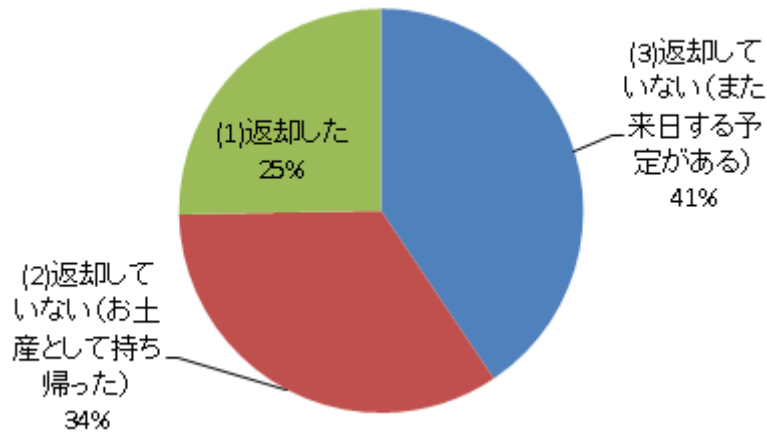
図表 2-17 交通系 IC カードを購入してよくなかった点



⑫交通系 IC カードを返却したか？

交通系 IC カード を購入したと答えた人に対し、カードを返却したか質問した。返却したと答えた人は 25%にとどまり、残り 75%の人が何らかの理由で交通系 IC カードを持ち帰っている。返却に対する需要はあまり高くないようである。

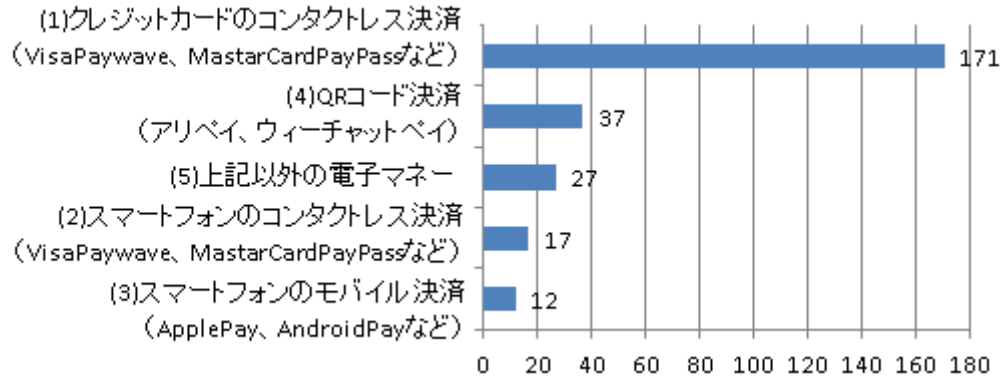
図表 2-18 交通系 IC カードを返却したか



⑬普段、現金以外で使用している支払方法について

すべての人に対し、普段、現金以外で使っている支払方法を聞いた。現金以外で使っている支払方法については、EMV コンタクトレス決済を上げる人が圧倒的に多かった。中国人観光客の 30%がアリペイやウィーチャットペイを利用していた。海外での EMV コンタクトレス決済や、モバイル決済の普及率の高さがうかがえる。

図表 2-19 現金以外で使用している支払方法



(3) アンケート考察

交通系 IC カードの購入率は 56%であり、予想よりは高かったが、やはり日本人の所有率より低い結果となった。来日回数や、日本旅行中にバスを利用したかどうかは購入率に影響がなかった。

購入しなかった理由には交通系 IC カードに対する知識不足があり、やはり交通系 IC カードに関する情報を周知する必要がある。そのためには交通系 IC カードの購入方法や使い方を、海外向けウェブサイトやガイドブックにより多言語で発信するなどの PR 活動が必要だろう。

購入方法が分からない、購入するのが面倒だという回答も多かったが、これは日本人にも共通する課題だろう。交通系 IC カードは基本的に駅や鉄道窓口、駅構内の売店などでしか発売されていないため、購入しにくい。もちろんバス車内でも販売されていない。空港に販売窓口を設ける、ジャパンレールパスと同時に販売する、コンビニエンスストアで販売する、などの工夫が必要だ。来日前に購入できればベストだが、これは販売体制を整えるのにコストや時間がかかると思われるため難しいだろう。

関西圏では、訪日外国人向けの交通系 IC カード「関西ワンパス」を主要空港や駅で発売している。販売額は 3,000 円(デポジット 500 円+事前チャージ 2,500 円)で、機能は ICOCA とまったく同じである。同様のサービスが全国的に普及することが望ましい。

図表 2-20 関西ワンパス

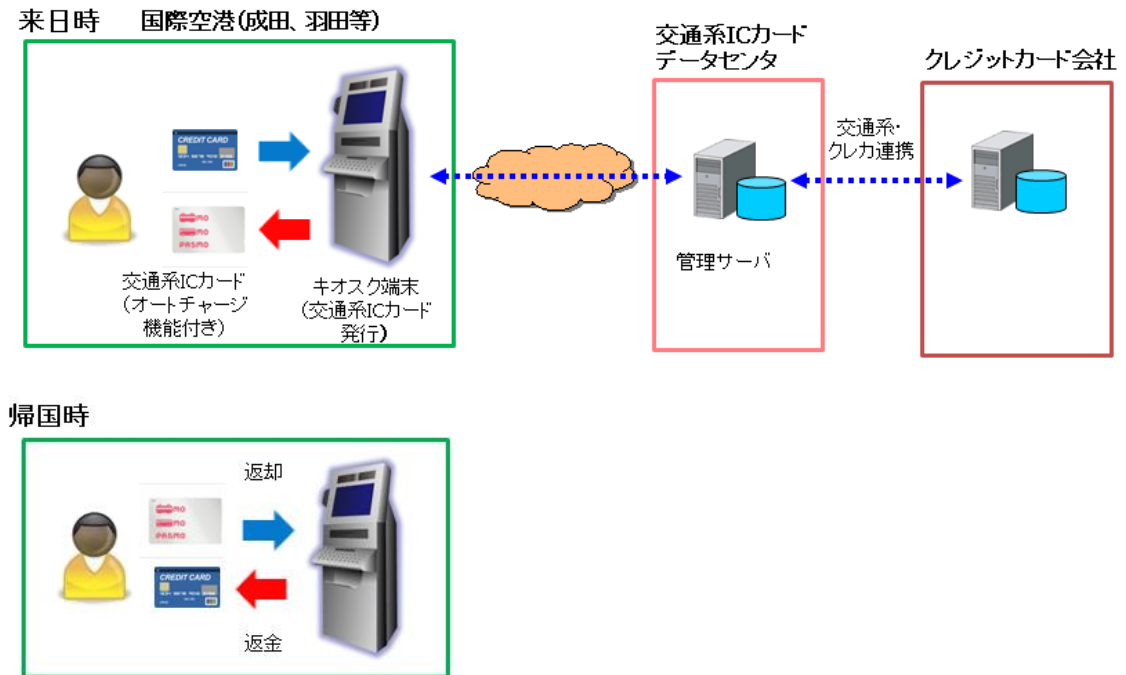


出所 : http://kansaionepass.com/kf_pr/kf_pr_sale_jp.html

交通系 IC カードを購入した人には、その利便性は十分理解されていた。しかし返却方法が分かりにくい、チャージしにくいという不満も多かった。オートチャージができて、帰国の際、空港で返却できて、チャージ残金を受け取れるなどのサービスが望まれる。

たとえば、来日時に空港で交通系 IC カードを購入でき、クレジットカード情報を紐付けてオートチャージ可能とする。帰国時には空港で返却可能で、チャージ残金やデポジットはクレジットカードに返金されるという仕組みがあれば、外国人観光客の購入率が上がるのではないだろうか。

図表 2-21 空港での交通系 IC カード販売モデル



2. 1. 3. まとめ

バス車内をキャッシュレス化し、乗車時間を短縮するには、交通系 IC カードを持っていない日本人や外国人観光客に対して、交通系 IC カードを普及させることが重要ではあるが、そこは本調査検討の対象外となるため、ここまでの言及とする。

バス車内で現金に替わる新しい認証方式を導入するとしても、ただやみくもに導入すればいいというわけではない。なぜなら、現在日本で広く普及している交通系 IC カードは、NFC Type F が使用されており、処理速度の速さでは群を抜いている。単に新しい認証方式を導入しても、交通系 IC カードの速度を超えることは難しい。

図表 2-22 NFC の種類

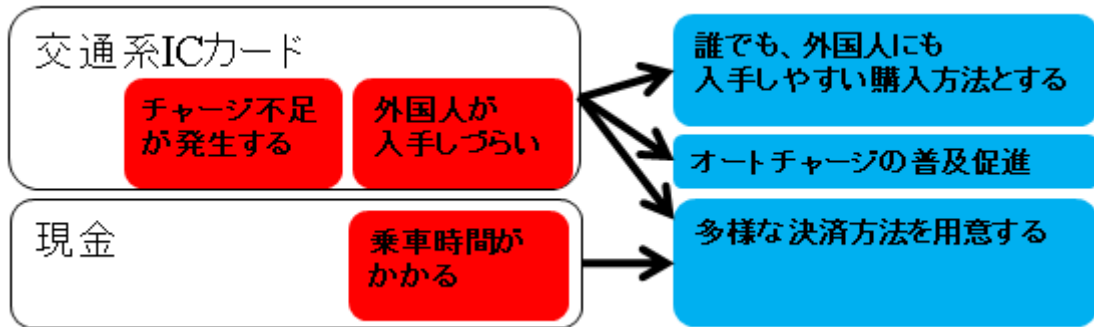
NFC の種類	通信速度 (※ 端末にカードをかざしてから読み書き処理が終了するまでの速度)	価格・導入コスト
日本の交通系 IC カード (Type F)	速い(212kbps) 一件につき 1.5 秒以内	高い (Type A/B の数倍~数十倍)
その他の NFC (Type A/B)	遅い(106kbps) 一件につき約 3~5 秒※クレジットカードの場合、オンラインオーソリ(認証)含んだ時間。	安い (チップ 1 枚が 20 セント程度)

そのため本調査検討では、交通系 IC カード以上の処理速度を出すことを狙いとするのではなく、交通系 IC カードの弱みを補完することを狙いとする。

交通系 IC カードの弱みは、先も述べたとおり、チャージ不足が発生すること、外国人が入手しづらいことだ。チャージ不足が発生せず、様々な人が入手しやすい決済方法が複数あれば理想的だ。

2020 年のオリンピック時は、外国人観光客やふだんバスに乗っていない人が増加し、現金の利用がさらに増えると予想される。多様な決済方法を用意することで、現金の利用を減らし、バス内のキャッシュレス化を目指す。次章にて、そのための認証方法を検証する。

図表 2-23 交通系 IC カードの弱みとその解決策



2. 2. 各認証方式の調査結果

2. 2. 1. 前提条件

昨年度の調査検討では、様々な認証方法を調査した。しかし決済サービスは日々、目まぐるしいスピードで進化しており、昨年度の検討段階では存在しなかったサービスも多数、立ち上がってきている。たとえば 2016 年秋に Apple Pay が導入され、ついで Android Pay が利用可能になった。中国ではアリペイをはじめとする QR コード決済が爆発的に成長しており、日本でも小売店などで使用可能になりつつある。昨年度調査した認証方法と、今年度新しく追加した認証方法を取り混ぜて検証した。

図表 2-24 昨年度調査した認証方法

認証方法	仕組みの概要	総合評価
交通系 IC カードリーダー・ライター増設	全ての乗降口に交通系 IC カードリーダー・ライターを設置	◎
交通系 IC カード以外の NFC	全ての乗降口に交通系 IC カード以外にも対応したリーダー・ライターを設置	○
電界型 NFC	電界型 NFC による人体通信を利用した運賃收受	○
スマートフォン+QR コード	スマートフォンアプリでチケット情報の QR コードを表示	△
スマートフォン+Bluetooth	スマートフォンの Bluetooth を利用して決済	△
RFID 専用デバイス	RFID を利用して、専用デバイスで決済	△
顔認証	顔認証で決済	△
指紋 or 静脈認証	指紋または静脈認証で決済	△

バスが混雑する場面は、大きく分けて二つある。通勤通学の日常利用時と、オリンピックなどの大規模イベント時である。バス利用者にも、日本人、外国人、車椅子利用者、障がい者など様々な人がいる。それぞれのシーンで、様々な人が利用しやすい決済方法を導入する必要があると仮説を立て、決済方法の調査を行った。

図表 2-25 決済方法と利用シーン

	日本人	外国人
日常利用時	交通系 IC カード	交通系 IC 以外の電子マネー(WAON, nanaco)
		IC 機能付きクレジットカード(非接触)
		アリペイ等 QRコード決済
		Apple Pay 等の NFC 利用のモバイル決済
		Origami Pay 等の Bluetooth 利用のモバイル決済
大規模イベント時		BLE ビーコン(スマホ使用/スマホ不使用)

また、これらの決済方法が実際にバス内で導入できるか検証を行うにあたり、下記 3 つを前提条件とした。バスの乗車にはさまざまな方法があるが、混雑するバスには共通点があるため、前提条件を限定的としている。

1. バス運賃は均一料金 (大人)、前払い

本調査の目的は、バスの乗車にかかる時間を短縮することである。利用者数の少ない路線・時間帯は、そもそも乗降する数が少ないため、混雑を引き起こすこともなく、検討する必要がない。利用者数の多い路線は、都市部に集中しているが、乗車区間が短く、かつ乗車キロ数に応じて運賃を上げなくても採算が取れるため、運賃収受を簡単にするために、ほとんどが均一料金である。

(都バス 23 区内、京成バスの一部都内区間、京王バス都区内エリア、東急バス、大阪市バス、名古屋市バスなど)

2. 子ども、障がい者、多人数乗車は対象外

現在、子どもは子ども料金、障がい者は半額になるため、利用者が運転士に告げて運転士がボタンを押してから運賃収受している。

多人数乗車 (例：家族で乗って親がまとめて払う) 場合も、運転士に告げている。そのため、通常より時間がかかると予想されるが、2. 1 の乗降時間調査においても、そのようなケースは 0 件であり、実際にも少ないと思われるため、今回の実験では対象外とする。

3. 決済機器のエラーは0件

決済機器そのもののトラブル、エラー（機器の故障）は0件と想定する。（昨年度の調査より）

また、運転士の目の届くところに決済用端末を置くとして、決済方法ごとに端末を追加しては、置く場所も限られ、利用者が混乱することが予想される。そのため、検証には、1台で複数の決済方法に対応できる決済用マルチ端末を使用した。

<使用した端末>

NAYAX 社 VPOS TOUCH

図表 2- 26 VPOS TOUCH



外形寸法			サポートされている支払い方式	
H	4.13"	105mm	接触カード: EMV レベル1 + レベル2 - 認定済み	
W	3.31"	84mm	非接触カード: EMV レベル1 - 認定済み	
D	1.9"	48.3mm	非接触カード: EMV レベル2:	
質量	8.11 ounces	230 grams	Visa PayWave EMV + Mag Stripe MasterCard PayPass EMV + Mag Stripe	
法規制の遵守			インターフェースと管理	
CE + FCC + RoHS			自動販売機の物流と使用状況を管理	
屋内および屋外使用可			カード接近まで休止モード	
ESD 保護			メニュー・ナビゲーションとサービス機能	
稼働環境条件			ウェブ管理UI	
温度	-20°C - 55°C	-22°F - 122°F	カラータッチ LCD 画面2.4 インチ IPS 320ドット x 240ドット + 4つのLED + ブザー+スピーカー, 6つのソフトタッチボタン	
湿度	25% - 95% (結露なし)		電源: 12 Volt AC/ DC - 36 Volt AC/ DC	
保管環境条件			消費電力 (待機・最大時) 400mA~2A	
温度	-30°C - 85°C	-40°F - 140°F		
湿度	25% - 95% (結露なし)			

2. 2. 2. 交通系以外の電子マネー（WAON 等）

図表 2-27 電子マネー（WAON）



参考：電子マネーWAON

出所：http://www.itmedia.co.jp/mobile/articles/0810/17/news040_2.html

(1) 概要

「WAON」「nanaco」等の、交通系以外の電子マネーは、交通系 IC カード並みに発行枚数が多く、日本人の多くが利用しやすい。バス内で使用できれば利便性が高まる。

図表 2-28 主な電子マネー一覧

電子マネー名	発行枚数 (万枚)	支払方法	加盟店
楽天 Edy	9,710	前払い	46 万か所
WAON	5,950	前払い	26 万 4000 か所
nanaco	4,912	前払い	21 万 5300 店
iD	2,259	前払い	64 万 4000 台
QUICPay	467	後払い	46 万 4673 台

出所：月刊消費者信用 2016 年 9 月号

図表に挙げた主要電子マネー5種類の発行枚数を合計すると、2億3千万枚であり、日本人1人につき2枚持っている計算である。認証方式は交通系 IC カードと同じで NFC Type F (FeliCa) のため、処理速度が早い。

「QUICPay」「iD」などポストペイ（後払い）型の電子マネーであればチャージ不足も発生しない。

(2) 対象となるユーザー

交通系 IC カードを持っていない日本人

(3) メリット・デメリット

・メリット

日本人には広く普及しており、受け入れられやすい。

加盟店も多く、様々な店舗で販売されており、購入しやすい。

複数の電子マネーを処理できる決済用マルチ端末は、多数製造されており、技術的に安定している。端末価格も安く、追加導入しやすい。

・デメリット

後払い型でない電子マネーはチャージ不足が発生する。

(4) 想定コスト

決済用マルチ端末（バス1台につき1台） 5～10万円

システム開発費用 1,000万円以上

(5) 課題

・決済用マルチ端末の改良

今回使用する NAYAX 社の VPOS TOUCH に限らず、決済用マルチ端末は、主に POS レジや自動販売機と接続することを前提としているため、決済するには価格を都度、入力しなければいけない仕様となっている。バスに本格導入するためには、電子マネーのカードをかざしただけでバスの均一運賃を引き去るようにソフトウェアを改良する必要がある。

残念ながら今回の実証には、時間が足りず改良が間に合わなかった。

・サイバネ規格

交通系以外の電子マネーは、FeliCa であっても、鉄道事業者が定める IC カード乗車券規格（サイバネ規格）に対応していないことから、駅情報、バス停情報などが書き込めないため、注意が必要だ。都市部のような、バス料金が均一に決まっている区間には導入できるが、走行距離に応じて料金が決まるような区間や、電車とバスの乗り継ぎで割引するようなサービスに対応できない。

(6) 考察

導入にあたって課題はいくつかあるが、すべてソフトウェアの改良で対応できる。大きく二つの点についての対応が必要である。

①バス決済用の開発

運賃の金額を入力することなく、かざすだけで運賃を引き去る対応の開発が必要である。ただし、一度開発すれば、決済方法に限らず共通機能として利用することが可能である。

②決済方法追加の開発

新たに決済方法を追加する場合には、対応したインターフェース開発が必要となる。今回、実証に使用する NAYAX 社 VPOS TOUCH の場合、1 台の端末で電子マネー、EMV コンタクトレス決済、Apple Pay などモバイル決済等の複数の決済に対応できるため、決済方法を追加する場合には、該当の決済方法に対応するインターフェース開発を行えば利用することができる。

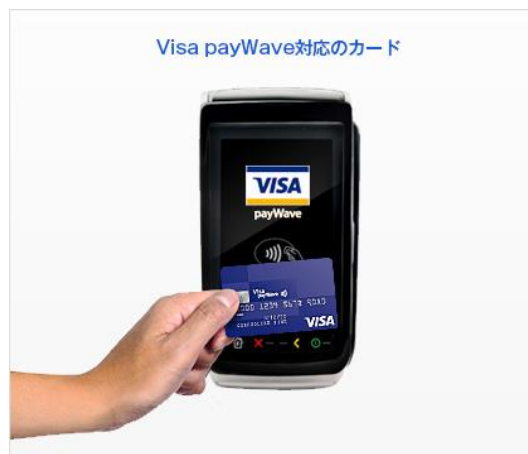
その他、課題に挙げたサイバネ規格の問題は、他の認証方法にも共通する課題だが、おおむねソフトウェア改修等で対応可能と思われる。

なお今回は発行枚数の多い WAON を実証に使用する。電子マネーは種類が多いが、VPOS TOUCH では決済するたびに種類を選択する必要はなく、カードをかざすと自動で認識し、運賃を引き去るため、電子マネー選択による時間ロスもない。

2. 2. 3. クレジットカードの IC 機能（非接触）

(1) 概要

図表 2-29 Visa payWave



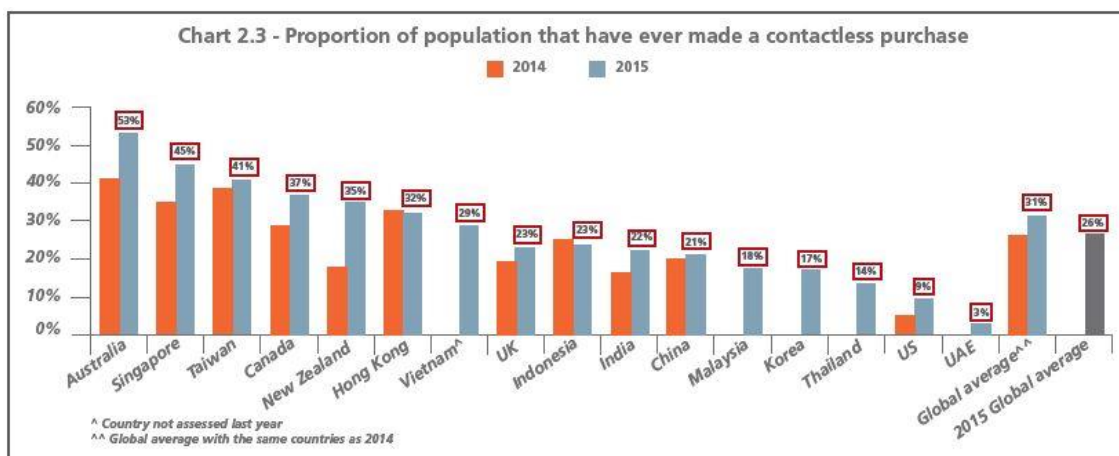
参考 : Visa payWave(2015 年 6 月現在、68 の国と地域で利用可能)

出所 : <http://www.visa-news.jp/paywave/>

クレジットカードの IC 機能（非接触）は、いわゆる EMV コンタクトレス決済と呼ばれるもので、クレジットカードに NFC チップ（TypeA/B）が埋め込まれており、対応する端末にカードをかざすと、数秒で決済が完了する。従来のようなサインやスワイプ、暗証番号の入力が不要で、レジでの処理能力が大幅に向上している。カードの複製・偽造が困難で、カードと端末間の通信は暗号化されておりセキュリティ面が強化されている。カード会社ごとに Visa payWave、MasterCard PayPass、American Express ExpressPay などの種類がある。スマートフォンでも使用できる。

日本での普及は遅れているが、オーストラリア・アジア（台湾、香港、シンガポール）等で広く普及しており、当該地域からの外国人観光客に有効といえる。

図表 2-30 非接触決済を使用したことのある人の人口比率



出所：

<https://www.nfcworld.com/2015/05/13/335191/australia-leads-the-way-for-contactless-ownership-and-usage/>

2. 1. 2 で行った外国人観光客アンケートでも、普段、利用している現金以外の決済方法として、非接触決済を上げた人が半数を占め、利用率が高かった。

もちろん後払いのためチャージ不足もない。

決済できる金額の上限が決められており、少額決済のみである。上限は国によって異なるが（図表 2-31 参照）、おおよそどの国の上限も日本円にして 3,000 円～10,000 円であるため、バス運賃の決済には問題ない。

イギリスでは 2012 年のロンドンオリンピック開催を契機に普及し、ロンドンオリンピック閉幕から 2013 年 7 月までの 1 年間で、イギリスでの Visa payWave のカード発行枚数は 2,470 万枚から 2,980 万枚に 21%上昇し、加盟店の端末数は 12.2 万台から 28.8 万台へと倍以上に増加した。

月間の NFC 決済額は 2014 年 2 月から 3 月にかけて 2,220 万ポンドも増加し、1 億ポンドを突破。また英国での NFC カード発行枚数は 4,240 万枚となった。

ブラジル・リオオリンピックでは主要なオリンピック会場に NFC 対応の端末約 4,000 台が設置された。選手には指輪型のウェアラブル端末が配布された。

図表 2-31 各国の決済上限額と概要

国	決済上限額	概要
イギリス	30 ポンド	ロンドンバスは、Visa payWave に加え、MasterCard PayPass でも乗車できるようになった。（バス内での現金は使用不可） ロンドン地下鉄、英国郵便局、小売店など広く利用可能。
オーストラリア	100 ドル	スーパーマーケット、小売店等で広く普及しており Visa の対面取引の 60% は、Visa payWave で行われている。MasterCard ブランドも約 60% が非接触決済となっている。
アメリカ	25 ドル	2014 年の対応端末の普及台数は 22 万台強だったが、最近 200 万台の設置を突破した。

(2) 対象となるユーザー

外国人

(3) メリット・デメリット

メリット：後払いのためチャージ不足がない。

外国人にも受け入れられやすい。

すでに利用されている技術なため導入が容易である。

デメリット：

NFC TypeA/B かつクレジットカードの処理があるため速度がやや遅い。

日本では IC 機能つきクレジットカードはまったく普及しておらず、そもそも発行する会社が少ない。（5 社程度）

決済に通信環境が必須。

(4) 想定コスト

決済用マルチ端末（バス 1 台につき 1 台） 5～10 万円

システム開発費用 1,000 万円以上

ネットワーク費用：回線あたり、数千円/月

(5) 課題

- ・決済用マルチ端末の改良

電子マネーと同様、決済用マルチ端末の改良が必要。

- ・通信環境

決済に通信環境を必要とするため、SIM カードを端末に挿入しておく必要がある。

(6) 考察

課題はあるが、電子マネーと同様、ソフトウェア改良で対応できるため、導入のハードルは低い。ただし現在のところ、日本では EMV コンタクトレス決済を利用できる店舗がほとんどない。

JCCA（日本クレジットカード協会）の調査『観光立国実現に向けたクレジットカード業界としての取組』（2014 年 12 月）によれば、外国人観光客から「カードをかざすだけで（スワイプせずに）決済できる環境（Pay Pass、pay Wave 等）が少ないことが不満だった」という回答が 8%寄せられていた。

2. 1. 2 のアンケート結果からも、外国人観光客の EMV コンタクトレス決済の利用者が多いことが分かる。

近年、クレジットカード番号等の漏えい事件や不正使用被害が増加している。

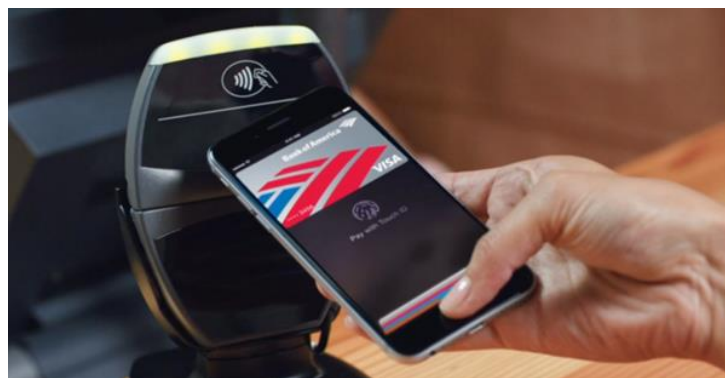
そのため 2016 年 10 月に「割賦販売法の一部を改正する法律案」が閣議決定され、これにより決済端末の IC 対応化が義務付けられる見込みだ。

2020 年の東京オリンピック・パラリンピックに向け、インバウンド需要を取り込むために決済端末の入れ替えが進むと思われる。実際にロンドンでは、ロンドンオリンピックを契機に、決済端末の導入が進んだ。

日本でも今後、EMV コンタクトレス決済が普及する可能性が十分あるため、バスで導入されれば利便性が増すと思われる。

2. 2. 4. Apple Pay などモバイル決済

図表 2-32 Apple Pay



参考： Apple Pay 出所：<http://www.apple.com/>

(1) 概要

Apple Pay、Android Pay などに代表されるスマートフォンによるモバイル決済は2014年に米国でサービス開始となり、日本でも2016年秋から冬にかけて、複数社のサービスが利用可能となった。(モバイル Suica など日本独自のサービスも存在する)

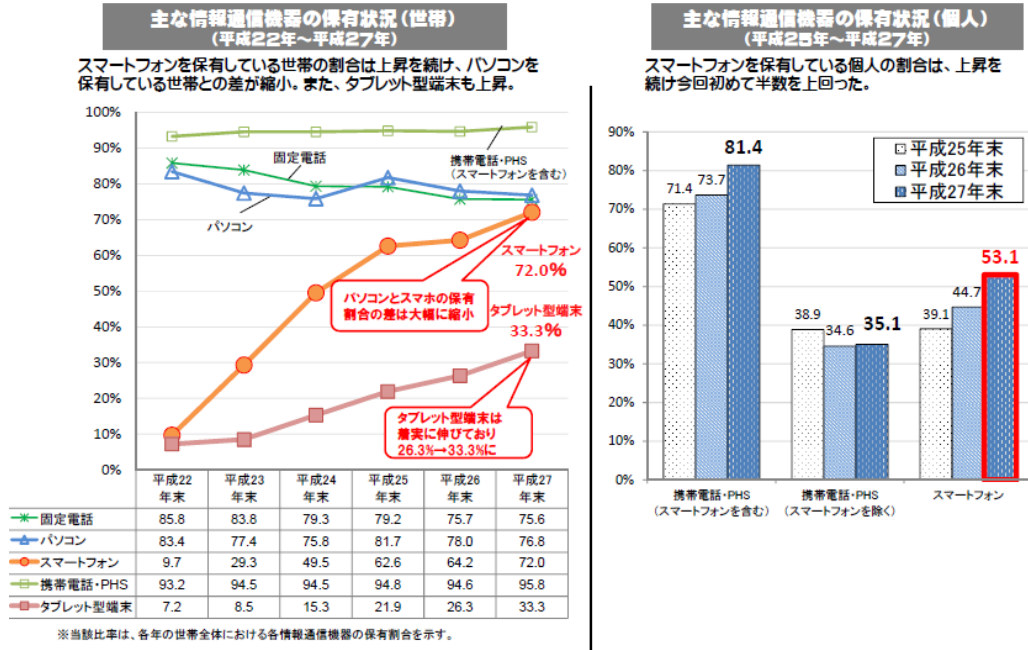
セキュリティが高く、クレジットカードに紐づくポストペイ型のためチャージ不足もない。

日本ではスマートフォンを保有する個人の割合は平成27年末に初めて50%を超過し(※)、スマホを利用したモバイル決済需要も、今後伸びてゆく見込みがある。

図表 2-33 情報通信機器の普及状況（平成 27 年）

3 情報通信機器の普及状況

3



出所：総務省 平成 27 年通信利用動向調査の結果

(2) 対象となるユーザー

スマートフォン利用者（日本人・外国人両方）

(3) メリット・デメリット

メリット：後払いのためチャージ不足がない

デメリット：通信環境が必須（利用者の側にも必須）

NFC 対応のスマホを持っていることが必須

スマホの機種を変更した場合、利用できなくなる恐れがある

（たとえば iPhone から Android 端末に買い替えた場合、Apple Pay が利用できなくなる）

(4) 想定コスト

決済用マルチ端末（バス 1 台につき 1 台） 5 万～10 万円

システム開発費用 300～1,000 万円（決済方法追加対応と均一料金対応）

ネットワーク費用：回線あたり、数千円/月

(5) 課題

- ・ 決済用マルチ端末の改良

電子マネーと同様、決済用マルチ端末の改良が必要。

- ・通信環境

決済に通信環境を必要とするため、ネットワークを整備する必要がある。また利用者側も通信環境が必須である。

(6) 考察

課題としては、これまでと同様、端末の改良が必要なことと、利用者側の端末の故障などで通信が使えない場合、まったく使用できないことである。

どちらも対応は容易であり、導入できた場合、外国人にも日本人にも利便性が増すだろう。

2. 2. 5. Bluetooth・QRコード利用のモバイル決済 (Origami Pay、アリペイ等)

図表 2-34 Origami Pay



出所 : <http://www.rbbtoday.com/article/2016/05/20/142127.html>

(1) 概要

タブレット端末に決済用アプリ (Origami ビジネスアプリ) をインストールし、バス内に設置する。スマホに専用アプリ (Origami アプリ) をインストールし、クレジットカード情報を登録する。Origami アプリを立ち上げた状態で、タブレット端末にスマホをかざすと、Bluetooth で通信、もしくは表示されている QR コードを読み取って決済する。決済にかかる時間は2~3秒で、決済完了時には音が鳴る。既存のスマホ決済サービス Origami Pay を利用する。決済方法はクレジットカードとアリペイが選択できるため、中国人観光客の利用にも有効。

(2) 対象となるユーザー

スマートフォン利用者 (日本人・外国人両方)

アリペイの場合、中国人

(3) メリット・デメリット

・メリット

バス側の導入コストが安い (タブレット端末の費用のみ)

利用者はスマホアプリをダウンロードするだけで利用可能であり、外国人にも入手しやすい。アリペイで中国人観光客にも対応できる。

どんなスマホでも利用できる。この点が Apple Pay、Android Pay との大きな違いだが、NFC を使用しないため旧型のスマホでも利用できる。また Apple Pay は iOS 端末でしか、Android Pay は Android 端末でしか利用できないが、メーカーを問わず利用できる。

・デメリット

通信環境が必須 (利用者の側にも必須)

現在、Origami ビジネスアプリは毎回価格を打ち込んで決済する方式のため、バ

ス内で使用する場合、常に均一運賃を引き去るよう、アプリの改修が必要。

(4) 想定コスト

タブレット端末（バス 1 台につき 1 台） 3～5 万円

アプリ改修費用 300～500 万円(均一料金対応)

ネットワーク費用:回線あたり、数千円/月

決済手数料 1 件につき 3.25%

(5) 課題

- ・アプリの改修

常に均一運賃を引き去るよう、アプリの改修が必要。

- ・通信環境が必須

タブレット、利用者の両方に通信環境が必須

(6) 考察

アプリ改修や通信環境などの課題はあるが、決済の速度は速く、何より導入コストがもつとも安い。Origami は登録無料のため、タブレット端末を購入するだけである。交通系 IC カードは初期導入コストが高額なため、地方の小規模なバス会社では導入していないところが多いが、Origami ならば十分可能だ。

バスではないが、すでにタクシー（日本交通）でも利用されている例がある。

(7) 参考 アリペイについて

中国では、2013 年から電子決済が爆発的に発展し、2015 年にはモバイル決済の取引金額は 153 兆円となり、米国を抜いて世界一のモバイル決済国となった。シェアの 8 割以上を占めるのがアリペイ（支付宝）である。

アクティブユーザ数は数億人にも上る。

アリペイの仕組みは、利用者がスマートフォンにアプリをダウンロードし、自分のアカウントに銀行口座やクレジットカード情報を紐付ける。スマホアプリに QR コードを表示させ、店舗側のバーコードリーダーで読み取ると、決済が完了する仕組みである。

図表 2-35 アリペイとウィーチャットペイ

名称	運営企業	アクティブユーザー数	利用可能店舗数	取引金額(2015年)	認証方式
アリペイ(支付宝)	アリババ	4.5億人	中国国内80万店、国外7万店	約122兆円	QRコード決済(利用者のスマホに表示されたQRコードを店舗端末で読み取る)
ウィーチャットペイメント(微信支付)	テンセント(騰訊控股)	2億人	中国国内30万店	約31兆円	

アリペイのようなモバイル決済が、中国で爆発的に普及した理由として、3つの理由がある。

①安全性

中国では、ネット通販で不良品・コピー製品が届く場合が多い。このような詐欺にあった場合、支払代金を第三者(アリペイ)が保障する「第三者決済」として急速に普及した。また店頭決済でもカード偽造被害や偽札が多いなど問題が多く、偽造や偽札の恐れがないモバイル決済が歓迎された。

②低コスト

利用者側の手数料が無料。かつ店舗側のコストが低い。

(Suicaのような専用端末が必要なシステムに比べ、バーコードリーダーがあればよいため、設置コストが少なく小規模店舗でも導入しやすい)

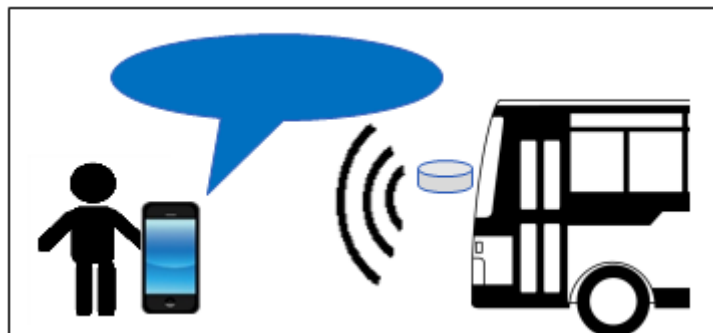
③利便性

個人間で気軽に送金可能で、手数料が無料。

バス内で利用できる例はまだないが、上海の交通系ICカードではアリペイからチャージが可能となっている。

2. 2. 6. BLE ビーコン (スマートフォン利用型)

図表 2-36 BLE ビーコン (スマートフォン利用型)



利用者がスマホを持って乗降口を通ると、バスに設置した BLE ビーコンの発信電波をスマホが受信し、音が鳴る。

(1) 概要

BLE ビーコン端末と利用者のスマホを利用してハンズフリーで乗車できる、まったく新しい仕組みである。

オリンピックなどの大規模イベントと、日常の利用、両方を想定している。利用者は自分のスマホに専用アプリをダウンロードし、バスチケットを購入する。スマホを持ってバスに乗車すると、バス側に設置した BLE ビーコン端末からの電波を受信し、音が鳴る。

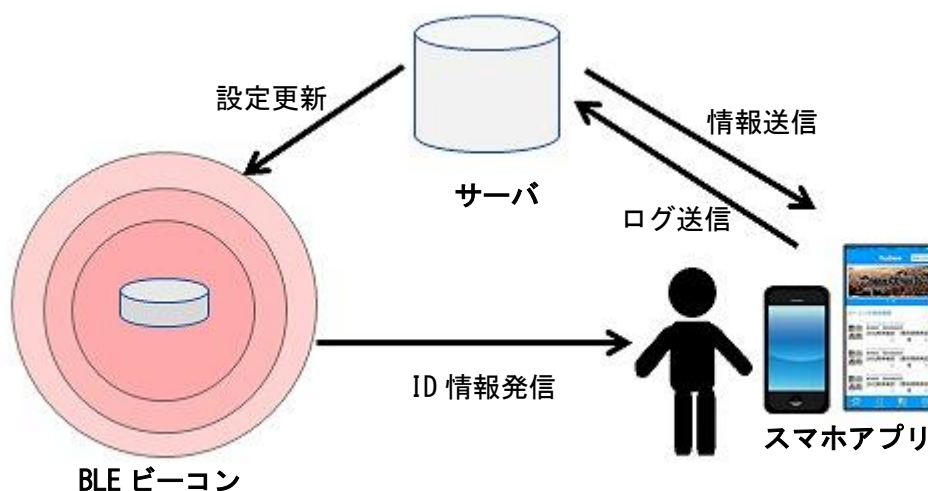
端末にかざす行為が必要なく、完全なハンズフリー乗車を実現でき、交通系 IC カードより早く乗車をさばくことができる。

事前にチケットを購入することで、チャージ不足も発生しない。

①BLE ビーコンとは？

BLE ビーコンは 2013 年に Apple 社によって開発された新技術で、iBeacon とも呼ばれる。現在では Apple 製スマホだけでなく、ほとんどのスマホに BLE ビーコン受信機能が備わっている。

図表 2-37 BLE ビーコンの仕組み



発信側の BLE ビーコン端末と、端末からの受信に対応したスマホアプリと、アプリをコントロールするサーバの3つの組み合わせでできている。

BLE ビーコン端末の設定情報はサーバから更新できる。

BLE ビーコン端末からは特有の ID 情報が発信されており、専用アプリがインストールされたスマホを持ってビーコン電波の圏内に入ると、信号をキャッチしてアプリが反応し、サーバからのメッセージを送信するなど様々な動作を行う。スマホ側の受信ログデータが、サーバに送られる。

<一般的な特徴>

低電力で動作する（例：ボタン電池1つで、6か月～1年程度の動作が可能）

安価（1個あたり2,000円～数千円）

小型（数センチ）

<機能>

1. 電波信号発信

数秒おきに、BLE電波に乗せてUUID、MajorID、MinorIDの三つの情報を発信（秒数は変更可能）発信できるのは上記三つだけで、画像やテキストは発信できない。また情報を受信することはできない。発信できる電波の強さは、最小数センチから最大は数十メートルまで設定可能。

2. デバイスの位置検知

ビーコン対応デバイス（スマートフォン）がビーコン信号の圏内に入った（Entered）ことと、出た（Lost）ことを検知できる。また、デバイスとビーコン間の距離を「非常に近い」「近い」「遠い」の3段階で検知できる。

GPS と違い、地下や屋内など衛星の電波が届かない場所でも使用可能で、数センチから数メートル単位で大まかな位置を特定できる。

② アプリックス社ビーコンの仕組み

今回、実証実験で使用するアプリックス (Aplix) 社のビーコンと、スマホアプリ「hubea (ヒュービー)」について説明する。

- ・ アプリ [hubea]

図表 2-38 hubea 画面



アプリをダウンロードし、スマホの Bluetooth をオンにし、位置情報をオンにしておくだけで使用できる。特定のビーコンの電波を受信すると、表のように通知が出る。電波を受信した日時と、受信した時、どこにいたかのログが記録される。ログデータはサーバに蓄積されており、管理者はデータを確認することができる。たとえば BLE ビーコンが設置された店舗に入るとスマホが電波を受信して、お得なクーポンを受け取れたり、美術館で特定の作品に近づくと、その作品の説明がスマホに表示されたりするなど。

- ・ ビーコン端末「MyBeacon」

図表 2-39 MyBeacon



価格は1個3,000～5,000円。単三電池2個で動作する。ビーコンには近接型と汎用型があり、発信できる電波の強度が異なる。近接型は数センチから2m程度、汎用型は2mから数十mである。

ビーコン電波の強度は、専用のウェブ画面およびアプリで6段階まで設定変更できる。

(2) 対象となるユーザー

BLEに対応したスマートフォンを持っている人

(3) メリット・デメリット

・メリット

素通り乗車を実現できる。

チャージ不足がない。

ビーコン1個は決済用端末やIC運賃機に比べて単価が安く、メンテナンスも電池を入れ替えるだけであるためコストがかからない。

外国人、車椅子ユーザーにも使いやすい。

・デメリット

対象のスマートフォンを持っていない人は利用できない。

スマホにより、受信できる電波の個体差がある。

通信環境が必須。

不正乗車対策が難しい。

(4) 想定コスト

ビーコン1個 3,000～5,000円

アプリ・システム開発費用 500万円(チケット購入機能を追加)

(5) 課題

・アプリ改修

hubeaアプリではチケットを購入する機能がないため、アプリを改修し、チケット

を購入する機能を追加する必要がある。

・ **電波の届く範囲**

ビーコン電波は、障害物があると届く範囲が狭くなる。特に金属や水分に弱いため、検知範囲を正確に定めるのが難しい。ビーコン端末とスマホの間に乗客がたくさんいる場合、電波が届きにくくなるし、逆に電波が届きすぎてバス車外にいる場合も検知する場合がある。

実証実験においても、スマホによっては、バス内（ビーコン電波圏内）に入ってもアプリが反応しないことがあった。

・ **不正乗車対策**

不正乗車対策が難しい。スマホ画面を運転士に見せながら乗車するなど、運用が必要。

(6) **考察**

BLE ビーコンはスマートフォンを用いた新技術である。毎回運賃を引き去る決済には向かないが、定期券やイベントチケットなどには向いている。

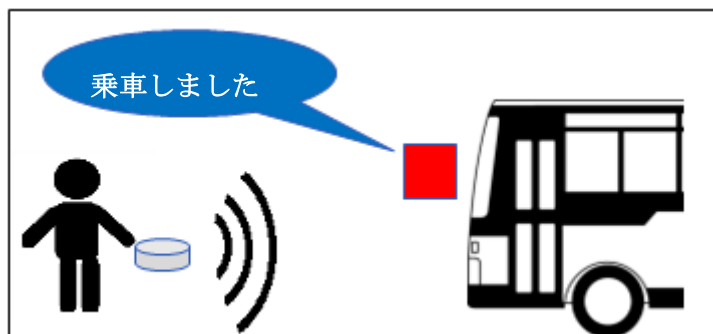
BLE ビーコンを運賃収受に使っている例はまだないが、公共交通機関に利用する例は増えてきている。

図表 2-40 BLE ビーコンの使われている例

名称	運営企業	概要
バス接近通知システム	京都市交通局	京都市営バスの全788台のバスにBLE ビーコン端末を設置して、バス停にバスの接近を通知する仕組み。 次のバス停を案内するアナウンスを開始するスイッチに連動して、バスがどの場所にいるかをバス停に通知し、バス停のディスプレイに「まもなくきます」と表示される。
視覚障がい者通知システム	ルーマニア	ブカレスト市内のバスなど主要公共交通機関に BLE ビーコン端末を 500 個設置。視覚障がい者が専用アプリから自分の乗りたい路線のバスを選んで、目的のバスが停留所に近づくと、スマホアプリに音声通知が届く。バスが停留所に止まると、視覚障がい者がいることを知らせるピープ音が鳴る。
視覚障がい者誘導システム	ロンドン	ユーストン駅に BLE ビーコン端末を設置。視覚障がい者が駅で移動するのを助けるための仕組み。視覚障がい者がスマホを持ってビーコンの圏内を通過すると、アプリが音声で道案内をする。
リアルタイム広告配信システム	ロンドン	ロンドン交通局のバス 500 台に BLE ビーコン端末を設置し、バスで時刻表アプリを使用している利用者に対して、リアルタイムで広告を配信する。

2. 2. 7. BLE ビーコン (ビーコンタグ利用型)

図表 2-41 BLE ビーコン(ビーコンタグ利用型)



(1) 概要

BLE ビーコンタグをチケット代わりにして乗車し、バスに設置したセントラル端末（ビーコン電波受信端末）で利用者を把握する。

オリンピックなどの大規模イベントを想定している。利用者はチケット代わりのビーコンタグを購入し、ビーコンタグを持ってバスに乗車する。端末へかざす行為が必要なく、完全なハンズフリー乗車を実現できる。チャージ不足による混乱もないため、大規模イベント等で一度に大量に乗車するような場合、交通系 IC カードより早く乗車をさばくことができる。

①TD モバイル社「Blu-trail」について

TD モバイル社の Blu-trail システムを利用する。このシステムは、セントラル端末（ビーコン電波受信端末）、ビーコンタグ、および Blu-trail システム管理画面で構成される。

・セントラル端末

セントラル端末は BLE ビーコンの電波を受信するための端末である。AndroidOS が内蔵されており、電源と通信環境が必須である。セントラル端末がビーコン電波を受信した状況は、WEB 上で確認できる。

図表 2-42 セントラル端末



・ビーコンタグ

ビーコンタグは市販されているものを使用する。ビーコンは1つ1つ固有の ID を持つ。今回は1から20までの番号を振った20個のビーコンを使用した。

図表 2-43 ビーコンタグ



・Blu-trail システム管理画面

マップ画像を用意し、セントラル端末をマップ上に配置すると、セントラル端末の圏内にいるビーコン数を表示できる。なおビーコンの数を把握するだけならセントラル端末1台でよいが、ビーコンの位置を把握するにはセントラル端末が3台必要である。

ビーコンがセントラル端末の圏内に入る、もしくは圏外に出るとメールで通知する機能がある。

図表 2-44 Blu-trail 管理画面



- ①バス側にセントラル端末（ビーコン電波を受信できる端末）、モニタを設置する。
（今回はタブレット端末を使用）セントラル端末の電源を入れ、通信環境に接続する。
- ②利用者がビーコンを持ち、乗車する（セントラル端末の圏内に入る）
- ③セントラル端末がビーコン端末を検知すると、メールを発信し、タブレット端末側の受信音が鳴る。管理画面上には圏内にいるビーコン数が表示される。
- ④クラウド上の管理画面で遠隔からリアルタイム監視も可能。バスにどれくらい乗客が乗っているか、把握が可能になる。

(2) 対象となるユーザー

日本人・外国人すべて。特に車椅子利用者に有効

車椅子利用者に適している理由は、乗車の簡単さだ。車椅子利用者はバスの後方出入口から乗車するが、運賃箱は前方にあるため、運転士が交通系 IC カードを預かり、前方で決済をした後、もう一度車椅子の位置まで戻ってカードを返しており、非常に時間がかかってしまう。BLE ビーコンの場合、バスの後方から乗車してもビーコン信号の圏内に入れば乗車確認が済むため、運転士がカードを預かる必要がない。三章で述べる車椅子固定の仕組みと合わせて BLE ビーコンチケット

が実装されれば、まったく運転士の支援なしに乗車することができる。

(3) メリット・デメリット

・メリット

端末へかざす行為が必要なく乗車時間を短縮できる。

スマートフォンを持っていなくても使用できる。

ビーコンを持って乗っている人数が把握できる。

・デメリット

ビーコン端末は、情報の読み書きはできないため、乗車のたびに運賃を決済するという用途には向かない。

一日乗車券や通勤定期、大規模イベント期間中の乗り放題チケットなど長い期間での利用が望ましい。

不正乗車対策が難しい。

通信環境が必須。

バス内のビーコンの位置を正確にマッピングするためにはバスに 3 台のセントラル端末を設置する必要がある。

(4) 想定コスト

セントラル端末 1 台 30,000 円前後 (バス 1 台につき 3 台必要なため約 100,000 円)

ビーコン 1 個 2,000~3,000 円

システム開発費 300 万~1,000 万円

その他運用費用

(5) 課題

・通信環境

セントラル端末が稼働するには、通信環境が必須であるが、セントラル端末自体には SIM カードを挿入する機能はないため、バスに Wi-Fi 環境を整備する必要がある。

・ビーコンタグの価格

ビーコンタグは現在、最低でも 2,000 円程度であり、交通系 IC カード等に比べると割高である。大量生産することで価格は抑えられるとしても、バスの 1 日乗車券は 500 円程度であるため、ビーコンタグ代だけでは採算がとれなくなってしまう。

ビーコンタグに紐付けられたチケットの利用期限が切れた場合、回収して再利用する、デポジットを返却するなどの仕組みづくりが必要だろう。

高齢者のシルバーパス、通勤定期券、高額なイベントチケットであれば、端末代を回収できる場合もあるため採用可能と思われる。

図表 2-45 敬老パス、チケットの価格

地域	名称	価格
東京都	シルバーパス	20,510 円
横浜市	敬老パス	3,200 円～20,500 円(所得額によつて変動)
京成バス	ゴールドパス	28,800 円
京成バス	ダイヤモンドパス	41,100 円
東京五輪 (※)	チケット平均額(予想)	7,700 円

(※) 出所：日本経済新聞 2013年9月8日記事より

・不正乗車対応

ビーコン端末が有効かどうか、期限切れでないか、運転士が目視で確認するのは不可能なため、不正乗車の対応が必要になる。たとえばバス車内にモニタを設置し、バス車内に存在しているビーコンを映し出す。もし期限切れのビーコンを持って乗車した場合、エラー音が鳴るなどシステムの改良が必要となる。ビーコンを鞆やポケットなどに入れていると、運転士が目視で確認できないため、ネクストラップ型、ペンダント型にして見せながらの乗車を義務付けるなどの対応が必要だ。

・プライバシー問題

BLE ビーコンは常に電波を発しており、その情報はスマホで誰でも簡単に受信できるため、悪意を持った第三者が所持者の居場所を突き止めることも可能である。現在、市販されているビーコンタグには電源スイッチはなく、ビーコンの電波を止めるためには電池を抜くしかない。もし乗車券としてビーコンタグを使う場合、使用しない場合は電源をオフにできる機能をつけるなど、配慮が必要だろう。

(6) 考察

バスの乗車に BLE ビーコンタグを利用した例はないが、もしチケットにできた場合、ビーコンの位置測定機能を利用し様々なことが実現できる。たとえば、敬老パスは紙で運用されていることが多く、高齢者がどの程度バスを利用しているか実態の把握ができていないが、ビーコン化することによって利用状況が把握できるようになる。また、オリンピックなどの大規模イベント時は、チケットを一括でビーコン化することにより、バスの混雑状況の見える化ができる。

2. 2. 8. 実証実験

ここまでに検討した認証方法がバス車内で実際に使用できるか、実証実験を行った。

(1) 実証実験を行うにあたっての仮定

単に決済にかかる処理時間を測定するだけなら、机上計算で事足りる。交通系 IC カードの弱みを補完するための決済方法（電子マネー・クレジットカード・Apple Pay・Origami Pay）は、交通系 IC カードと混合して使用されても支障がなく、利用できなければならない。たとえば、乗客 20 名のうち、現金利用者（4.64 秒）が 20%、交通系 IC カード利用者（2.02 秒）が 80% いれば、20 名が乗車した場合の乗車時間は 51 秒となる。

現金が 40%、交通系 IC カードが 60% となった場合、61.3 秒となる。

この現金利用者がすべて、現金以外の決済方法（電子マネー等）に置き換わったらどうなるか、と仮定してテストケースを設定した。

(2) 実証実験の概要

① 実験日時・場所

2017 年 2 月 6 日 京成バス株式会社新都心営業所にて実施。

② 実証実験での確認事項

下記 3 点を確認しながら実験した。

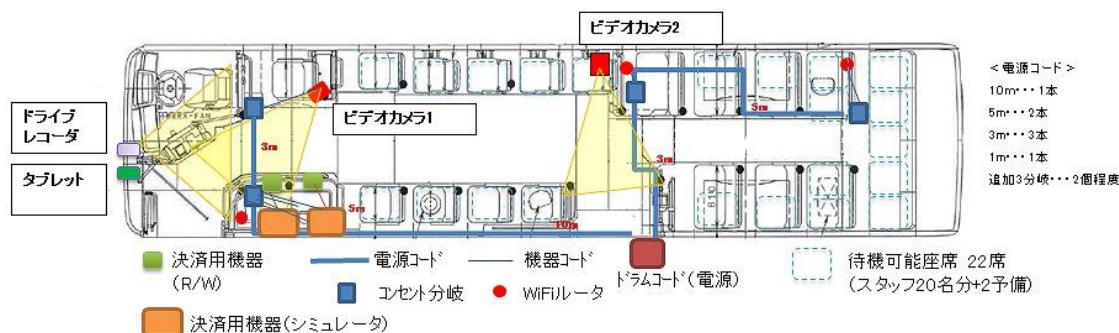
- ・ 決済そのものが正常に完了するか（ビーコンの場合、通知や位置が正しく出るか）
- ・ 1 台の決済用マルチ端末で、電子マネー、クレジットカードの IC 機能など複数の決済方法を連続で使用し、機器エラーやトラブルがないかどうか
- ・ 乗客役スタッフが混乱なく使用できるか

③ 実証実験方法

路線バスに、決済用マルチ端末、録画用カメラ、ビーコン等を設置する。設定したテストケース（後述）に従い、乗客に見立てたスタッフ 20 名（以降、乗客という）が決済をしながら、乗車を行い、乗車にかかった時間の計測を行う。ビーコンの実験の場合、スマートフォンまたはビーコンを持って乗車を行い、反応したか計測を行う。

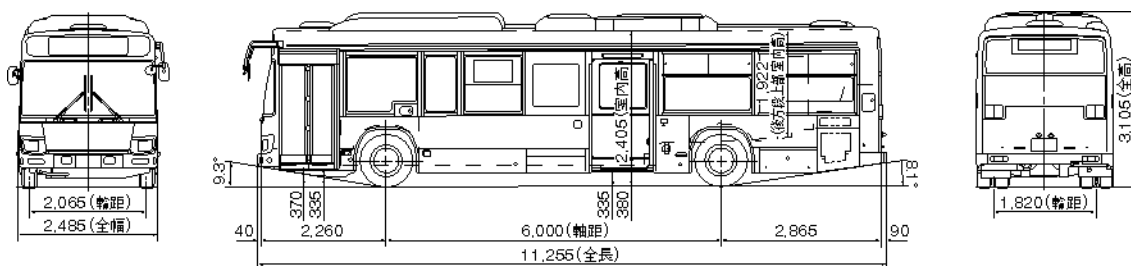
④機材

図表 2-46 機材配置図



京成バス株式会社の協力を得て、路線バス 1 台（日野自動車 型式 QSG-HL2ASAP）を借用した。バスを営業所内に駐車し、図のように決済マルチ端末やビデオカメラを配置した。

図表 2-47 QSG-HL2ASAP の写真と仕様



全長 (mm)	ホイール ベース (mm)	全高 (mm)	全幅 (mm)	サス ペンション	原動機				変速装置の 型式及び 変速段数
					型式	総排 気量 (L)	最大 トルク (N·m)	最高 出力 (kW)	
11,255	6,000	3,105	2,485	エアサス	A05C-K1	5.123	834	184	6AMT

決済用マルチ端末としてNAYAX社製「VPOS TOUCH」のR/W端末を2台使用した。

なおソフトウェアが開発中だったため、R/W端末をシミュレータ（ジュラルミンケース状の箱）に接続する必要があったが、実際の運用ではもちろん、シミュレータは不要となる。オンラインに接続するには英国のTelit社のSIMカードによる国際ローミングで接続した。R/W端末の起動については、電源に接続しスイッチを入れるだけで、特別な手順などは必要なく、簡単に操作できる。

図表 2-48 R/W 端末とシミュレータ



決済には、以下のカードおよび端末を使用した。

- ・ WAON
- ・ EMV コンタクトレス機能付きクレジットカード (Visa payWave)
- ・ NFC カード (プラスチックカードに NFC TypeA のチップを貼りつけ、Apple Pay や Android Pay を模したもの)
- ・ スマートフォン (Origami Pay アプリをインストール済み)

なお Suica についてはバスの IC 運賃機を使わず、ダミーのプラスチックカードを Suica と書いた場所にタッチして一定スピード (約 2 秒) で通過することとした。スピードの計測は係員が行い、乗客に指示した。

Origami Pay の決済には Apple 社 iPad Air2 を使用した。

Origami Pay の決済に使用したスマートフォンは、下記の 5 種類である。機種や OS によって個体差が出ることを考え、iOS・Android のスマートフォンをそれぞれ 10 台ずつ利用した。

図表 2-49 スマートフォン一覧

機種	メーカー	OS	台数
iPhone7	Apple	iOS 10.2.1	1 台
iPhone6	Apple	iOS 10.2.1	4 台
iPhone5S	Apple	iOS 10.2.1	5 台
Galaxy S6 SC-05G	サムスン	Android 6.0	5 台
Xperia Z4 S0-03G	ソニーモバイルコミュニケーションズ	Android 6.0	5 台

通信回線はソフトバンク社モバイル Wi-Fi ルータ 304ZT を使用した。

(3) 決済マルチ端末・タブレットを使った実験

図表 2-50 のようにバスを駐車場に停車し、それぞれの決済用カードやスマートフォンを持った乗客役スタッフが順次、乗車を行った。

図表 2-50 実験の様子



時間の計測はビデオカメラとストップウォッチで行った。乗客がバスのタラップに足を載せた瞬間から、決済が終わった瞬間までを乗車時間とした。

①NFC カード (Apple Pay) による実験

Apple Pay など NFC TypeA のモバイル決済を行うには、スマートフォンに海外発行のクレジットカードを紐付ける必要があるなど、用意が難しかったため、プラスチックカードに NFC TypeA チップを貼りつけた「NFC カード」を利用した。ダミーの端末ではあるが、決済用マルチ端末の設定により、Apple Pay と同様に決済処理が行える。

・実験パターン

下記 4 通りの実験を行った。

図表 2-51 NFC カード (Apple Pay) による実験パターン

試験番号	内容	スタッフ番号札																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1-1	2人NFC	NFC										NFC									
1-2	2人NFC			Suica			NFC	NFC													
1-3	5人NFC	NFC	NFC									NFC	NFC								NFC
1-4	10人NFC	NFC	NFC			Suica	NFC	NFC			Suica	NFC	NFC			Suica	NFC	NFC			Suica

・実験結果

図表 2-52 NFC カード (Apple Pay) の実験結果

1-1(1回目)	タイム(秒)	1-3	タイム(秒)
NFC1人目	9.4	NFC1人目	6.6
NFC2人目	7.7	NFC2人目	7
20人合計	69	NFC3人目	7.7
		NFC4人目	5.9
		NFC5人目	5.6
		20人合計	83
1-1(2回目)	タイム(秒)	1-4	タイム(秒)
NFC1人目	7.7	NFC1人目	8.5
NFC2人目	6	NFC2人目	7.3
20人合計	67	NFC3人目	9.7
		NFC4人目	6.1
		NFC5人目	8.4
		NFC6人目	9.3
		NFC7人目	6
		NFC8人目	8.6
		NFC9人目	8.5
		NFC10人目	8.9
		20人合計	119
1-2	タイム(秒)		
NFC1人目	7.8		
NFC2人目	7.4		
20人合計	69		

速い場合は 5 秒、遅い場合は 8~9 秒とばらつきのある結果になった。NFC のタイプが A のため、カードをタッチしてから認証までの時間がかかっている。

②電子マネー (WAON)

下記 4 通りの実験を行った。

・実験パターン

図表 2-53 電子マネー (WAON) による実験パターン

試験番号	内容	スタッフ番号札																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1-5	2人WAON	WAON																			
1-6	2人WAON																				
1-7	5人WAON	WAON	WAON																		
1-8	10人WAON	WAON	WAON																		

図表 2-54 電子マネー (WAON) の実験結果

1-5	タイム(秒)	1-8	タイム(秒)
WAON1人目	5.4	WAON1人目	4.6
WAON2人目	4.5	WAON2人目	4.6
20人合計	68	WAON3人目	17.8
		WAON4人目	5.2
		WAON5人目	14.9
1-6	タイム(秒)	WAON6人目	4.9
WAON1人目	5.6	WAON7人目	19.2
WAON2人目	6.1	WAON8人目	7.7
20人合計	68	WAON9人目	11.5
		WAON10人目	8.5
		20人合計	146
1-7	タイム(秒)		
WAON1人目	5.6		
WAON2人目	5.3		
WAON3人目	4.6		
WAON4人目	5.8		
WAON5人目	5.7		
20人合計	78		

早い場合は4~5秒で処理が済んでおり、現金とほぼ同じである。NFCのタイプFのため、カードをタッチしてからの処理はNFCより速い。20名中、2~5名がWAONを使用した場合は、処理時間は一定だが、1-8のように10人がWAONを使用した場合、端末の回復時間が追いつかず、現金の2、3倍の時間がかかってしまっている。

③クレジットカードのIC機能 (Visa payWave)

下記1通りの実験を行った。

・実験パターン

図表 2-55 クレジットカードのIC機能 (Visa payWave) による実験パターン

試験番号	内容	スタッフ番号札																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1-9	2人 Visa Paywave	Visa																			Suica

実験結果

図表 2-56 クレジットカードのIC機能 (Visa payWave) の実験結果

1-9	タイム(秒)
Paywave1人目	11
Paywave2人目	11.1
20人合計	74

1件あたり11秒と、もっとも時間がかかってしまったため、連続での実験は行わなかった。カードを認証した後(音が鳴った後)の処理時間が長く、クレジットカードのオーソリ処理に時間がかかっている。今回、開発期間中のためクレジットカードの決済センター

のサーバがヨーロッパにあり、物理的な距離も影響したのではと思われる。サーバを日本に置くなど環境の改善がされれば、処理時間も短縮すると思われる。

④ Origami Pay

下記5通りの実験を行った。

・実験パターン

図表 2-57 Origami Pay による実験パターン

試験番号	内容	スタッフ番号札																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1-10	2人Origami	Origami	Suica									Origami	Suica								
1-11	2人Origami	Suica									Origami	Origami	Suica								
1-12	6人Origami	Origami	Origami	Suica						Origami	Origami	Suica						Origami	Origami		
1-13	6人Origami	Origami	Suica	Origami	Suica	Origami	Suica	Origami	Suica	Origami	Suica	Origami	Suica	Origami	Suica	Origami	Suica	Origami	Suica	Origami	
1-14	10人Origami	Origami				Suica					Origami				Suica						

図表 2-58 Origami Pay の実験結果

1-10	タイム(秒)
Origami1人目	2.2
Origami2人目	4.2
20人合計	62

1-11	タイム(秒)
Origami1人目	2.6
Origami2人目	18.3
20人合計	72

1-12	タイム(秒)
Origami1人目	2.4
Origami2人目	10.5
Origami3人目	2.8
Origami4人目	1.0
Origami5人目	2.9
Origami6人目	9.6
20人合計	84

1-13	タイム(秒)
Origami1人目	1.9
Origami2人目	1.8
Origami3人目	4.1
Origami4人目	2.1
Origami5人目	5.9
Origami6人目	2.1
20人合計	68

1-14	タイム(秒)
Origami1人目	2.8
Origami2人目	9.4
Origami3人目	14.3
Origami4人目	4.7
Origami5人目	8.6
Origami6人目	4.5
Origami7人目	1.7
Origami8人目	9.6
Origami9人目	12.1
Origami10人目	21.9
20人合計	138

最も速い場合は1.9秒と、交通系ICカードとそれほど変わらない結果となった。トラブルなしに決済が完了すると3秒弱で決済でき、非常に速い。しかし連続でOrigami Payを使用した場合、2人目以降の速度が遅くなってしまふ。これは1人分の処理が終わったら「戻る」ボタンをタップして次の人の運賃を再度打ち込まねばならず、時間がかかってしまっ

たためである。アプリの改修をすればもっと短縮できると思われる。

今回、アリペイ（QR コード決済）についてはアカウントを用意できなかったため試験をおこなわなかったが、処理速度は数秒でありクレジットカードと変わらないため、同じような結果となると思われる。

⑤ 混合

最後に、今まで試験した決済方法をすべて組み合わせた混合パターンを試験した。

・実験パターン

図表 2-59 混合実験パターン

試験番号	内容	スタッフ番号札																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1-15	3種類混合	WAON	WAON	Suica												Paywave	Suica		NFC	NFC	
1-16	2種類混合	WAON	WAON	Suica																NFC	NFC
1-17	4種類混合	WAON	Suica		Origami	Suica		NFC	Suica						Paywave	Suica					
1-18	4種類混合	WAON	WAON	Suica	Origami	Suica	NFC	NFC	Suica						Paywave	Suica					

・実験結果

図表 2-60 混合の実験結果

1-15	タイム(秒)
WAON1人目	6.4
WAON2人目	4.8
Paywave1人目	12.6
NFC1人目	11.3
NFC2人目	7.7
20人合計	89

1-17(1回目)	タイム(秒)
WAON1人目	5.8
Origami1人目	8
NFC1人目	6.4
Paywave1人目	8
20人合計	82

1-18	タイム(秒)
WAON1人目	5.2
WAON2人目	6.4
Origami1人目	3.4
NFC1人目	7.7
NFC2人目	8
Paywave1人目	10.5
20人合計	88

1-16	タイム(秒)
WAON1人目	5.3
WAON2人目	4.5
NFC1人目	5.8
NFC2人目	6.5
20人合計	69

1-17(2回目)	タイム(秒)
WAON1人目	5.2
Origami1人目	3.9
NFC1人目	12.5
Paywave1人目	9.9
20人合計	76

1-17(3回目)	タイム(秒)
WAON1人目	4.1
Origami1人目	2.7
NFC1人目	8.1
Paywave1人目	8.9
20人合計	69

WAON や Origami Pay は 2~4 秒で決済できるが、NFC カード (Apple Pay) や Visa payWave は時間がかかっている。

ただし、数種類の決済方法を組み合わせて利用しても、単体で行った場合と処理時間が

変わらず、実運用の場合でも利用できるといえる。

(4) BLE ビーコンを使った実験

①スマートフォン型

アプリックス社のビーコンを使用した実験。ビーコンの種類と強度は下図の通り。なお「届く範囲」の数値は参考数値であり、ビーコンとスマートフォンの間にある障害物の有無によって変動する。

図表 2-61 アプリックス ビーコン一覧

No	タイプ	強度(OutputPower)	ランク	届く範囲	HuBea通知メッセージ
1	汎用型	20dBm	最小	2m	[01]乗車確認 (豊田通商実証)
2	汎用型	20dBm	最小	2m	[02]乗車確認 (豊田通商実証)
3	汎用型	16dBm	小	3m	[03]乗車確認 (豊田通商実証)
4	汎用型	12dBm	中	4m	[04]乗車確認 (豊田通商実証)
5	汎用型	8dBm	大	5m	[05]乗車確認 (豊田通商実証)
11	近接型	20dBm	最小	15cm	[11]乗車確認 (豊田通商実証)
12	近接型	16dBm	小	30cm	[12]乗車確認 (豊田通商実証)
13	近接型	12dBm	中	50cm	[13]乗車確認 (豊田通商実証)
14	近接型	12dBm	中	50cm	[14]乗車確認 (豊田通商実証)
15	近接型	8dBm	中	50cm	[15]乗車確認 (豊田通商実証)
16	近接型	8dBm	中	50cm	[16]乗車確認 (豊田通商実証)
17	近接型	4dBm	大	1m	[17]乗車確認 (豊田通商実証)
18	近接型	4dBm	大	1m	[18]乗車確認 (豊田通商実証)
19	近接型	0dBm	最大	1.5m	[19]乗車確認 (豊田通商実証)
20	近接型	0dBm	最大	1.5m	[20]乗車確認 (豊田通商実証)

・実験の目的

乗車する間際、または乗車してすぐにスマホが反応するのが望ましい。ビーコンの電波が強すぎると、バスに乗っていない人や、車外にいる人まで反応してしまう恐れがある。逆に弱すぎると、人体や障害物に阻まれて、バスに乗っても反応しない恐れがある。ビーコンをバス車体に設置して、どの程度の強度と、どのような配置なら適切に検知できるかを確認する。

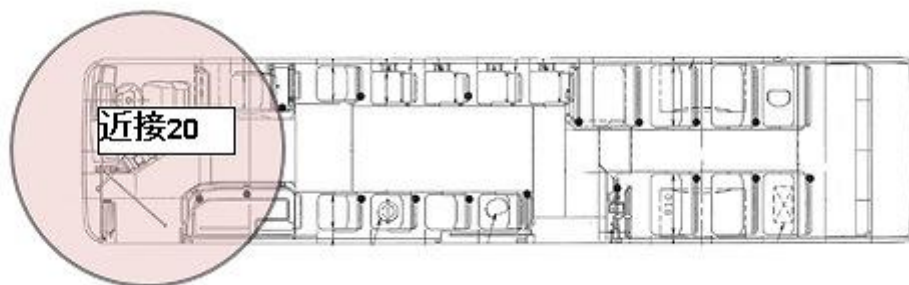
・実験の方法

ビーコンを配置し、スマートフォンを持った 20 名が順次乗車し、車内でスマホアプリが反応するかを確認した。反応した場合を「成功」とし、車内のどのあたりで反応したかを記録した。実験の成功率を見ながら、ビーコンの強度と配置パターンをこまめに変えていき、どの配置が最も適しているかを調査した。コストの問題もあり、バス車体に設置するビーコンは少ないほうが望ましいため、配置数は最大でも 3 台とした。

パターン1 (実験1回目) 20名一斉乗車

IC 運賃機付近に、近接型の No. 20 (強度 0dBm、範囲 1.5m) ビーコンを設置し、20 名が順次、乗車した。

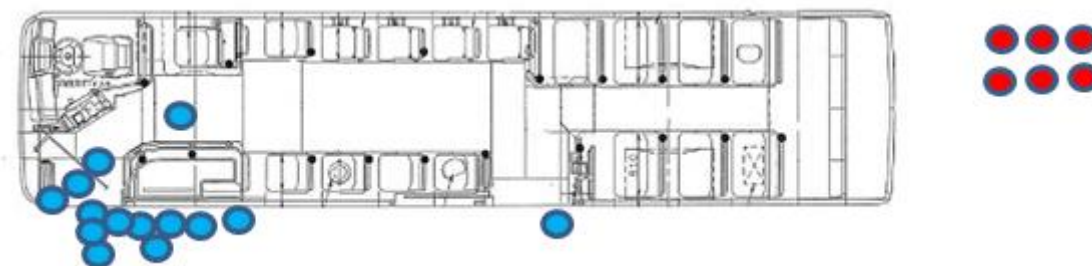
図表 2-62 実験1回目ビーコン配置



実験結果

近接型の最大強度のビーコンで実験した結果、20 名中、6 名のスマホが反応しなかった。成功率は 70%と低い。反応した人については、図のように運転士席付近で反応したケースが多かった。(図中の青マークは反応した人、赤マークは反応しなかった人を示す)

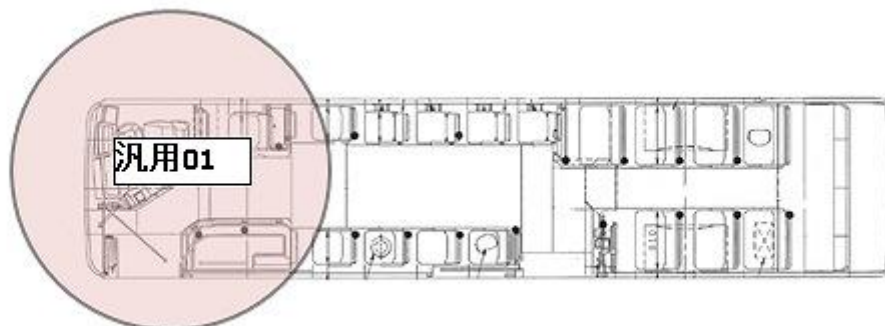
図表 2-63 実験1回目 結果



パターン2(実験2回目) 20名一斉乗車

近接型の最大強度では成功率が低かったため、ビーコンを汎用型の最小強度とした。運賃箱付近に、汎用型の No. 01 (強度 20dBm、範囲 2m) ビーコンを設置し、20 名が順次、乗車した。

図表 2-64 実験 2 回目 ビーコン配置



実験結果

20 名中、7 名のスマホが反応しなかった。1 回目と同様、成功率は 70% と低かった。

図表 2-65 実験 2 回目 結果

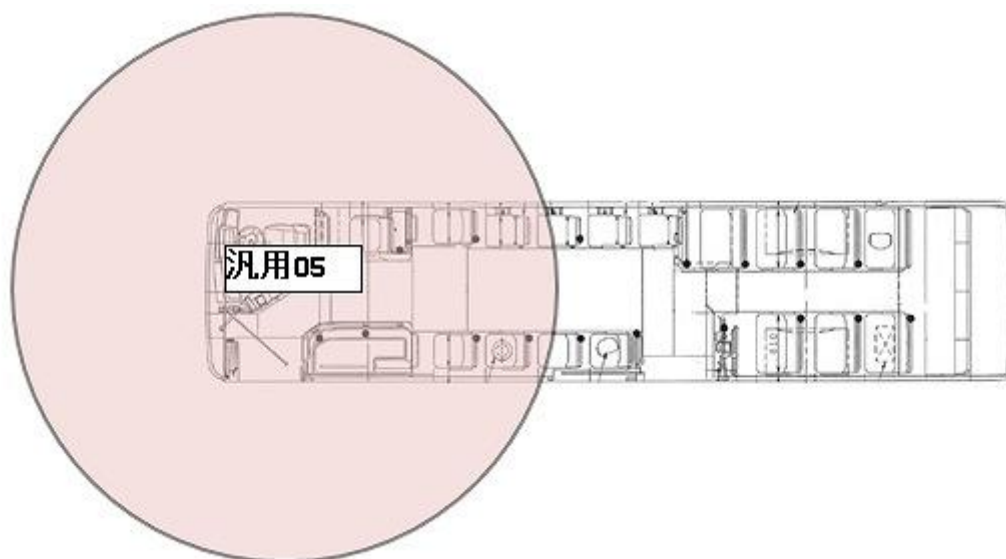


パターン 3(実験 3 回目) 20 名一斉乗車

汎用型の強度を上げた。

汎用型の運賃箱付近に、汎用型の No. 5 (強度 8dBm、範囲 5m) ビーコンを設置し、20 名が順次、乗車した。

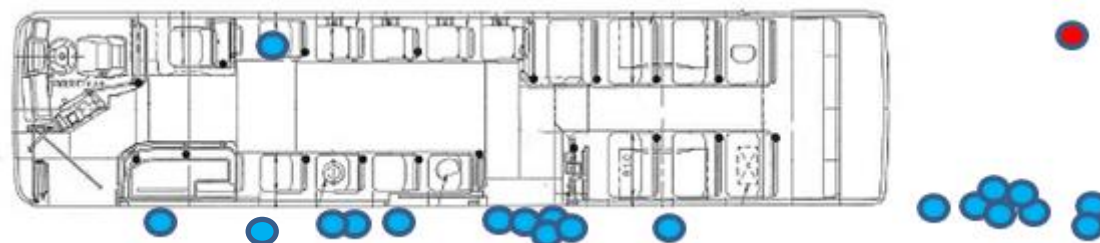
図表 2-66 実験 3 回目 ビーコン配置



実験結果

20 名中、スマホが反応しなかったのは 1 名のみであり成功率 95% となった。しかしビーコンの強度が高いため、バス車外でも反応してしまう場合があった。

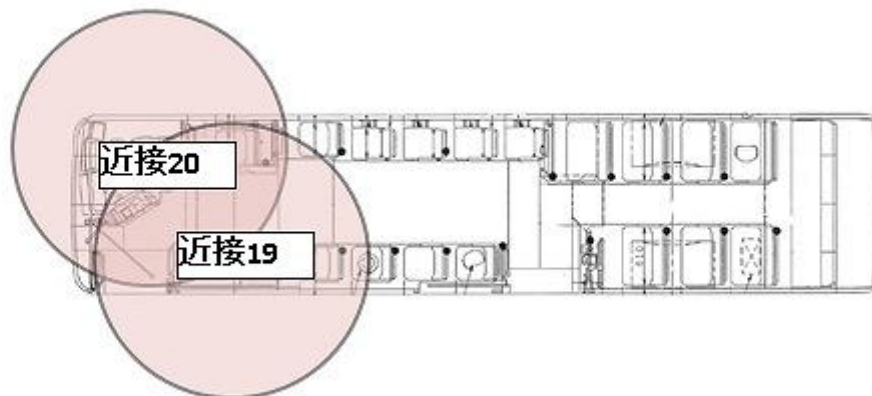
図表 2-67 実験 3 回目 結果



パターン 4 (実験 4 回目) 20 名一斉乗車

運賃箱付近に、近接型の No. 19 (強度 0dBm、範囲 1.5m) と 20 のビーコンを設置し、20 名が順次、乗車した。強度は弱いですがビーコンの数を増やすことで、電波の届く範囲を広げ、成功率が上がるか確認した。

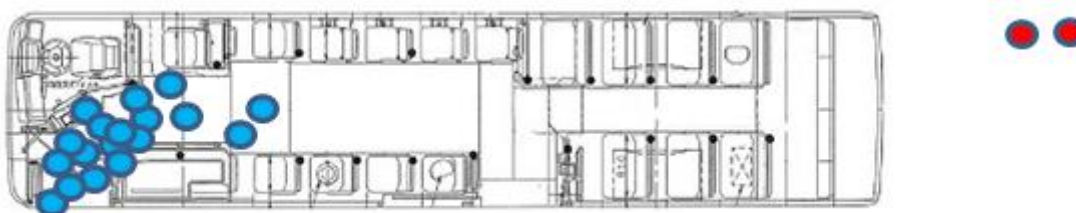
図表 2-68 実験 4 回目 ビーコン配置



実験結果

20 名中、2 名のスマホが反応せず、成功率 90% だった。

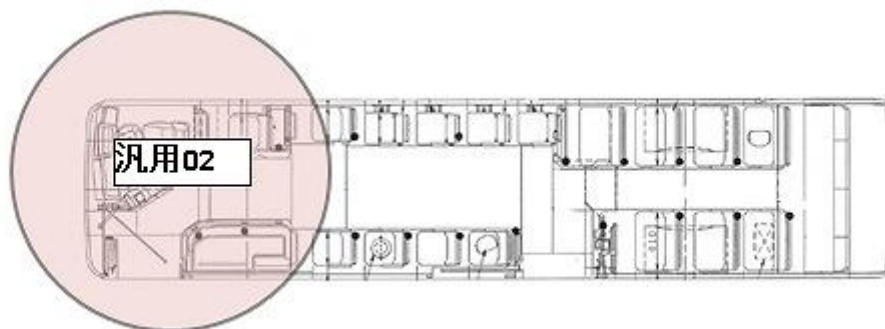
図表 2-69 実験 4 回目 結果



パターン 5 (実験 5 回目)

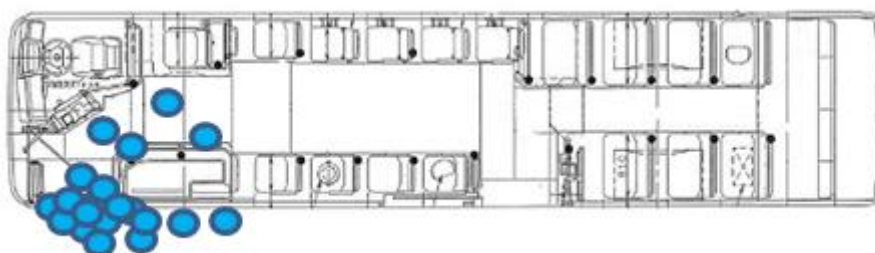
運賃箱付近に、汎用の No. 02 (強度 20dBm、範囲 2m) を設置。ビーコンを 1 種類に戻し、強度を上げて確認した。

図表 2-70 実験 5 回目 ビーコン配置



実験結果

図表 2-71 実験 5 回目 結果

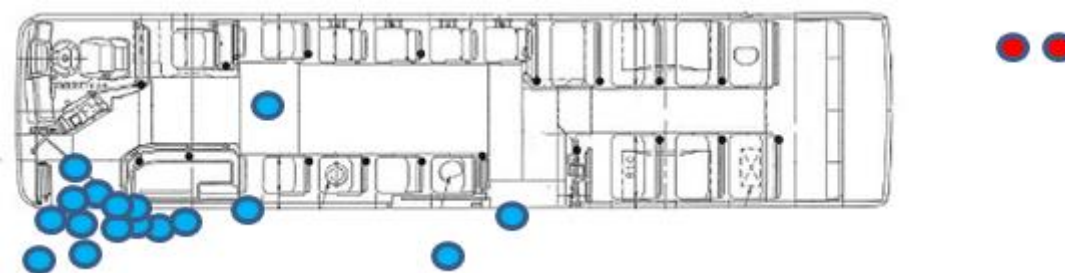


20 名中、すべてのスマホが反応し、成功率がようやく 100%となった。

パターン 5 (実験 6 回目)

ビーコンの配置パターンはパターン 5 と同じで、15 名は乗車、5 名は乗車せず、U ターンしてバスの横を通過、元の位置に戻るといった実験とした。

図表 2-72 実験 6 回目 結果



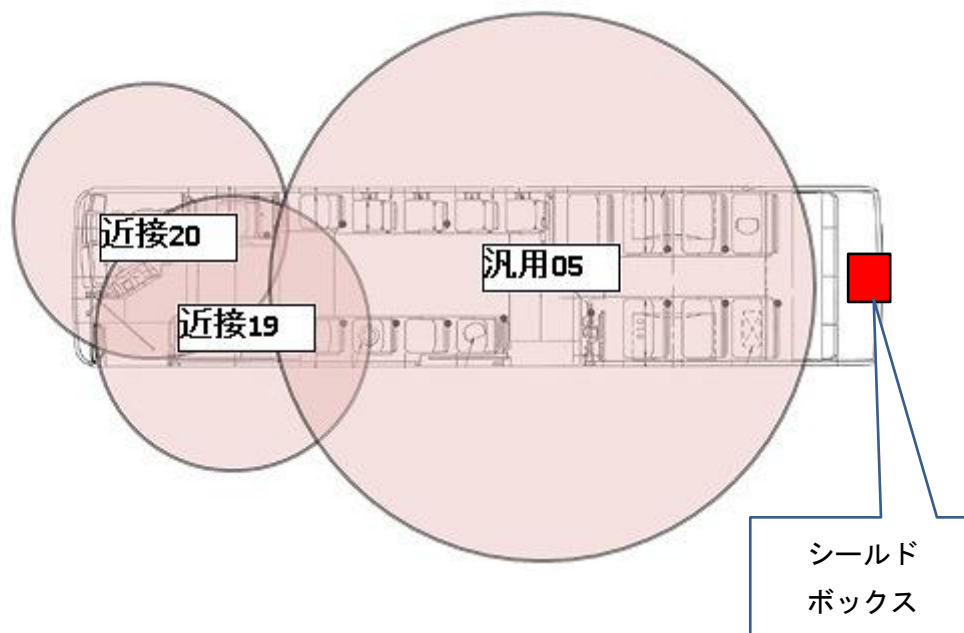
実験結果

バスに乗車した人は 15 名中 2 名のスマホが反応せず、成功率は 87%だった。バスに乗らない人（横を通過しただけの人）は 5 名中 1 名のスマホが反応せず成功率は 80%だった。ビーコンの強度が高いため、バスに乗らない人でもスマホが反応してしまうことが確認できた。

パターン 6 (実験 7 回目) 20 名一斉乗車

運賃箱付近に、近接型の No. 19 (強度 0dBm、範囲 1.5m) と 20 のビーコンを設置。バスの中央に汎用型 No. 05 (強度 8dBm、範囲 5m) を設置した。もし乗車時に、運転士席付近でスマホが反応しなかった場合でも、バスに乗車していれば汎用型 05 の圏内で検知できる。

図表 2-73 実験 7 回目 ビーコン配置



実験結果

20 名中 1 名のスマホが反応せず、成功率は 95% だった。

図表 2-74 実験 7 回目 結果



パターン 6 (実験 8 回目) 障害物のテスト

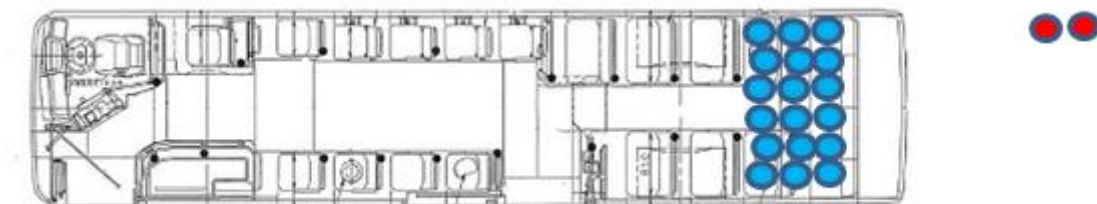
ビーコンの配置パターンは、パターン 6 と同じだが、特殊な実験を行った。乗客 20 名全員がバス車内に座り、数名が通路に立った状態とする。スマホを回収し、シールドボックスに入れ、電波を遮断した。1 分ほど待った後に、シールドボックスを開けてスマホを取り出し、反応するか確認した。

この実験の目的は、スマホを持った人が後方に座っており、その間に障害物となる人体が 20 名分ある場合、つまりバスが混雑した状態でビーコン電波を受信できるかどうかということである。

実験結果

20名中2名のスマホが反応せず、成功率は90%だった。バスが混雑していてもほとんどのスマホで電波の受信は問題ないことが確認できた。

図表 2-75 実験 8 回目 結果



・結果分析

図表 2-76 実験結果まとめ

No	配置パターン	ビーコン	テスト方法	成功率	成功しなかったスマートフォン
2-1	パターン 1	20	20名一斉乗車	14/20 (70%)	1、2、7、8、9、10
2-2	パターン 2	1	20名一斉乗車	13/20 (65%)	1、2、7、8、9、10、18
2-3	パターン 3	5	20名一斉乗車	19/20 (95%)	1
2-4	パターン 4	19、20	20名一斉乗車	18/20 (90%)	1、5
2-5	パターン 5	2	20名一斉乗車	20/20 (100%)	なし
2-6	パターン 5	2	5名が横を通過	乗車した人は 13/15 (87%)、 横を通過した 人は 4/5	1、5
2-7	パターン 6	19、20、 05	20名一斉乗車	19/20 (95%)	5
2-8	パターン 6	19、20、 05	障害物のテスト	18/20 (90%)	1、5

実験結果では、平均して90%近くの成功率は出たものの、100%になったのは1回しかなか

った。

特に反応の悪いスマホは1番 (iPhone7)、5番 (iPhone6)であった。特に障害物のない状況で、比較的、最新機種 of スマホでも受信感度が悪いという想定外の結果となった。ビーコンの電波強度を上げれば成功率は100%となるが、バス車外にいる人のスマホも反応してしまう。交通系 IC カードのエラー率は駅の改札で1%以下といわれているため、このままの成功率でバスの乗車確認として導入するのは難しいだろう。

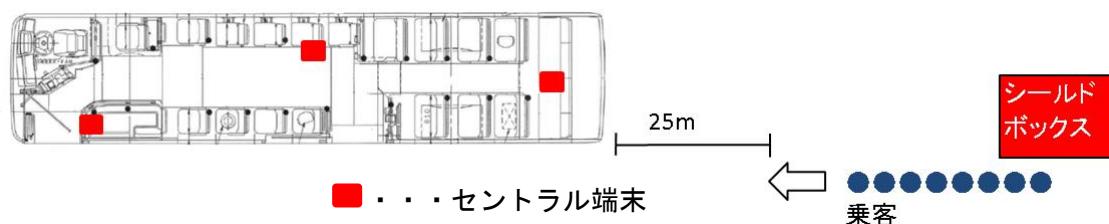
②ビーコンタグ利用型

BLE ビーコンタグを乗客に持たせて、バスに乗車し、乗車状況が正確に把握できるかを実験する。

・実験方法

20名の乗客はバスから十分に離れた位置 (バスの後方から25m) に立つ。スタッフがシールドボックスからビーコンタグを出し、乗客に持たせる。乗客は普通で歩いでバスに近づき、乗車する。セントラル端末ビーコン電波を検知した場合、メールで通知される。また、クラウド上でもステータスが変って確認できる。

図表 2-77 実験方法 (ビーコンタグ利用)



図表 2-78 アラートメール



図表 2-79 実験の様子



・実験の成功条件

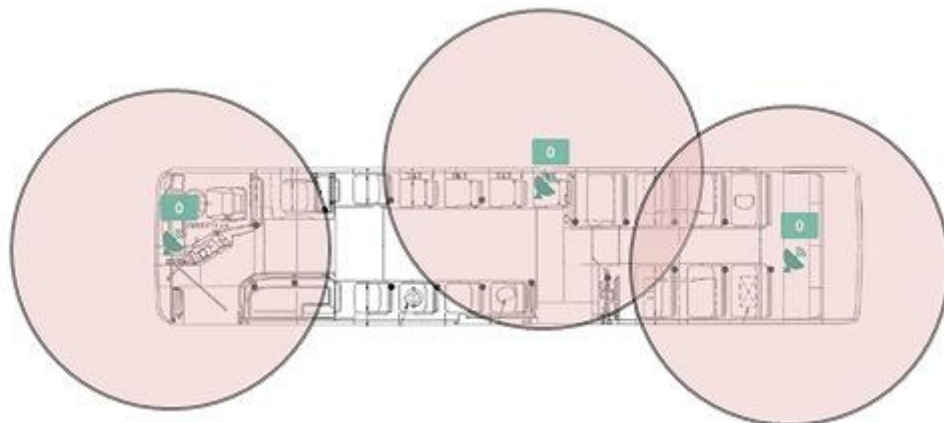
乗客がバスに乗車完了した時点で、Blu-trail 画面にビーコンが検知されれば実験成功とする。バスに乗車しても検知されなければ失敗とする。検知された場合、管理画面で乗客の位置を確認し、位置が正確かどうか確認する。

・セントラル端末配置パターン

セントラル端末の配置パターンは2通りとした。

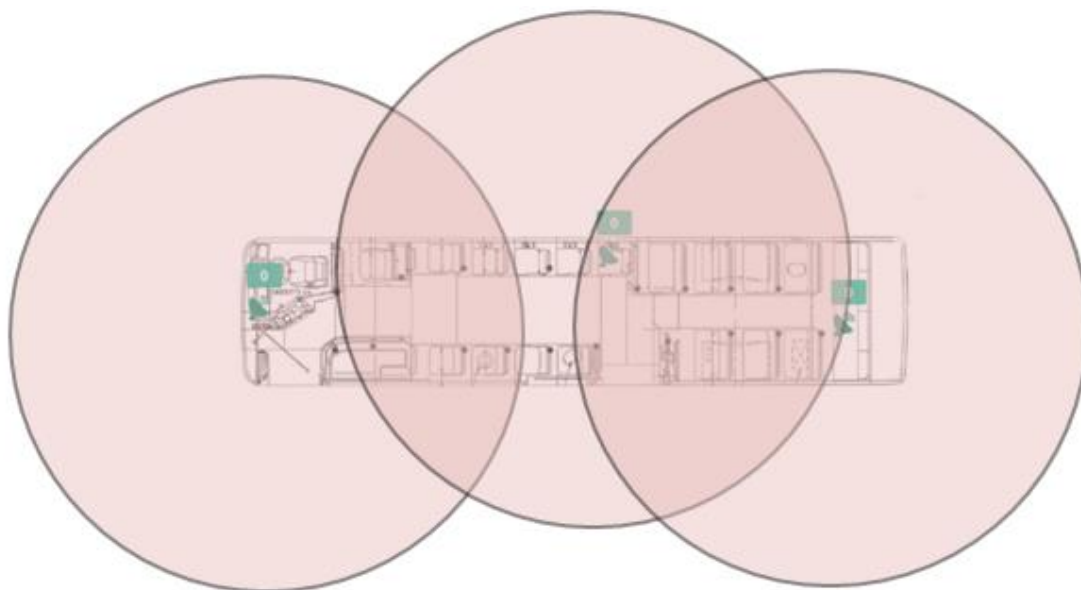
パターン1. セントラル端末の設定を「0.1」(受信範囲 3m) とし、バスの三か所に配置する。

図表 2-80 セントラル端末配置パターン1



パターン2. セントラル端末の設定を「0.3」(受信範囲 5m) とし、バスの三か所に配置する。

図表 2-81 セントラル端末配置パターン 2



パターン 1 (受信範囲 3m) ですべてのビーコンが圏内に表示されると予想した。もしパターン 1 で表示されなかったら、受信強度を上げ受信範囲を上げたパターン 2 で試験を行う。

・試験パターン

試験パターンは 10 通りとした。

図表 2-82 試験パターン

No	配置パターン	概要	方法
3-1	パターン 1	20 名一斉乗車	20 人全員が前の入り口から乗車する。20 名の乗車を正しく検知できたら成功。
3-2	パターン 1	全員後方 A	20 人全員が後方席に固まる。ビーコンは各自、手の中に握りこむ。混雑しているバス車内を再現し、ビーコン電波が検知されるか確認する。
3-3	パターン 1	全員後方 B	20 人全員が後方席に固まる。ビーコンは各自、ポケットに入れる。混雑しているバス車内を再現し、ビーコン電波が検知されるか確認する。
3-4	パターン 1	車椅子利用者の乗車 A	乗客 19 人がビーコンを持たず、分散してバス内に座る。乗客 1 人（この人を車椅子利用者とする）がビーコンを持ち、後方から乗車する。乗車を正しく検知できたら成功。
3-5	パターン 1	車椅子利用者の乗車 B	乗客 19 人が中央のセントラル端末に集中して立つ。乗客 1 人（この人を車椅子利用者とする）がビーコンを持ち、後方から乗車する。バスが混雑してセントラル端末とビーコンの間に人が沢山いる状態で、乗車を正しく検知できたら成功。
3-6	パターン 2	20 名一斉乗車	3-1 に同じ
3-7	パターン 2	全員後方 A	3-2 に同じ
3-8	パターン 2	全員後方 B	3-3 に同じ
3-9	パターン 2	車椅子利用者の乗車 A	3-4 に同じ
3-10	パターン 2	車椅子利用者の乗車 B	3-5 に同じ

・実験結果

3-1. パターン 1 20 名一斉乗車

図表 2-83 3-1 試験結果



すべての乗客のビーコンが正しく検知され、成功率は 100%だった。乗客（ビーコン）の位置もバス内に正しく表示された。

3-2. パターン 1 全員が後方席に固まる（ビーコンを手に握る）

図表 2-84 3-2 試験結果



20名全員が後方席に固まり、ビーコンを手に握ったところ、検知自体はできたが、2〜3個の反応が鈍くなり、瞬間的に画面から消えることもあった。人体に含まれる水分が、電波を減衰させていると思われる。

3-3. パターン1 全員が後方席に固まる（ビーコンをポケットに入れる）

図表 2-85 3-3 試験結果



20名全員が後方席に固まり、ビーコンを服のポケットに入れた場合は20個全部が問題なく検知され、成功した。通路に人が沢山立っている状態や、座席がすべて埋まっている程度の混雑では、ビーコン電波の受信には影響しないことが分かった。

3-4. パターン 1 車椅子利用者の乗車 A

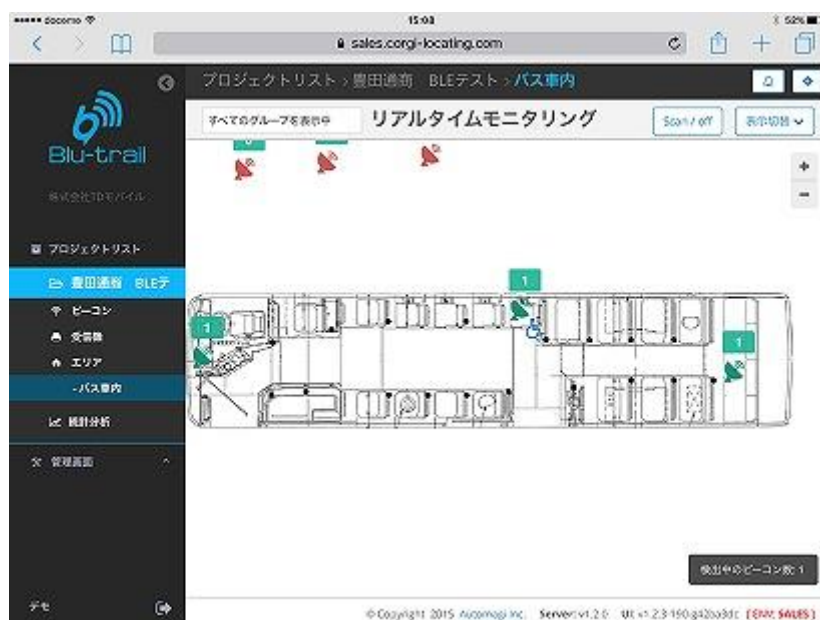
図表 2-86 3-4 試験結果



19 名の乗客がバラバラに座り、車椅子利用者に見立てた乗客がビーコンを持って乗り込んだが、問題なく検知され、成功した。

3-5. パターン 1 車椅子利用者の乗車 B

図表 2-87 3-5 試験結果



19 名の乗客が中央のセントラル端末を囲むように座り、かつ立ち、車椅子利用者に見立てた乗客がビーコンを持って乗り込んだが、問題なく検知され、成功した。
また、19 名の乗客で前方に固まり、人の壁を作った場合、前方のセントラル端末では受信

できなかったが、中央と後方の端末では受信できた。

車椅子の乗客が混雑したバスに後方から乗り込んでも、ビーコンでの乗車確認はできると証明できた。

3-6. パターン 2 20 名一斉乗車

図表 2-88 3-6 試験結果



パターン 1 の試験はすべて成功したが、パターン 2 でもすべての乗客のビーコンが正しく検知され、成功率は 100% だった。乗客（ビーコン）の位置もバス内に正しく表示された。

3-7. パターン2 全員が後方席に固まる（ビーコンを手に握る）

図表 2-89 3-7 試験結果



20 名全員が後方席に固まり、ビーコンを手に握ったところ、1 個のビーコンがロストし、検知できたビーコンが 19 個となった。やはり人体に含まれる水分が、電波を減衰させていると思われる。

3-8. パターン2 全員が後方席に固まる（ビーコンをポケットに入れる）

図表 2-90 3-8 試験結果



20 名全員が後方席に固まり、ビーコンを服のポケットに入れた場合は、ロストしていたビーコンが再度検知され、20 個全部が問題なく検知された。

3-9. パターン 2 車椅子利用者の乗車 A

図表 2-91 3-9 試験結果



19 名の乗客がバラバラに座り、車椅子利用者に見立てた乗客がビーコンを持って乗り込んだが、問題なく検知され、成功した。しかし画面上に、本来ロストしているはずのビーコンが 1 個残ったままになっているのは、課題として残る。

3-10. パターン 2 車椅子利用者の乗車 B

図表 2-92 3-10 試験結果



19 名の乗客が中央のセントラル端末を囲むように座り、かつ立ち、車椅子利用者に見立てた乗客がビーコンを持って乗り込んだが、問題なく検知され、成功した。

ただ、検知は成功しているものの、後方のセントラル端末でしか検知できていないため、画面上のマッピングが正確になっていない。(車椅子利用者の乗客が実際に座っていた位置より前方にアイコンが表示されている) 人がたくさんいて通路が混雑していると、受信感度が弱まることがわかった。

・結果分析

パターン1、パターン2のどちらでも、ビーコンの位置を100%正しく検知することができた。路線バスの定員は60名から70名だが、Blu-trailの仕様では、最大100名は検知可能なため、最大人数がバスに乗車しても、正しく検知できると思われる。

バス内に人間がすし詰め状態であっても、セントラル端末はビーコンの電波を検知するため、たとえバスが満員となって障害物が増えた状態でも、ビーコンでの乗車確認が有効であると確認できた。

また、車椅子の乗客が混雑したバスに後方から乗り込んでも、ビーコンでの乗車確認はできると証明できた。2.2.11でも提案として記載するが、ART情報センターと連携し、ビーコンを持った車椅子利用者や高齢者の存在を、あらかじめバスの運転士に通知することができれば有効である。

ビーコンをポケットにしまった程度では、受信感度に影響はないが、手の中に握りこむと受信感度が落ちてしまうことがわかった。運転士に見せるためにも、ビーコンを出したまま乗車するのがよい。ビーコンはカードと違って財布に入らず、なくしやすいことが想定される。利用者の受容性を考えると、ビーコンをキーホルダー型やネクストラップ型にするなどの対応が必要である。

バス車外でビーコンをもっている人を誤検知してしまう問題があるため、検知即決済とするには向かないが、時間経過を考慮した上でビーコンによる検知を認証として利用するには有効であるといえる。

2. 2. 9. 乗降口を増やした場合の実験

2. 1. 1の降車時間調査では、降車口を二つにすると降車時間が大幅に短縮できることがわかったが、このような降り方は、終点のバス停のみで行われているのがほとんどである。終点以外のバス停でも、常に乗降口が二つあれば、乗降スピードは速くなるかどうか、検証を行った。乗降口を前後両方にするデメリットとして、運転士による運賃収受のチェックが不可能となり、信用乗車の導入が必須となる。しかし昨年度の調査検討で結論付けたとおり、日本では信用乗車の導入が難しい状況にある。信用乗車を導入するに見合うメリットがあるのかを検証する。

(1)前提条件

前提条件として、運賃は均一料金とし、交通系 IC カードのみを使用することとした。前後両方の出入り口から乗降する場合、電車のように、降車客が先に降り、乗車客が後から乗ることとした。

(2)実験パターン

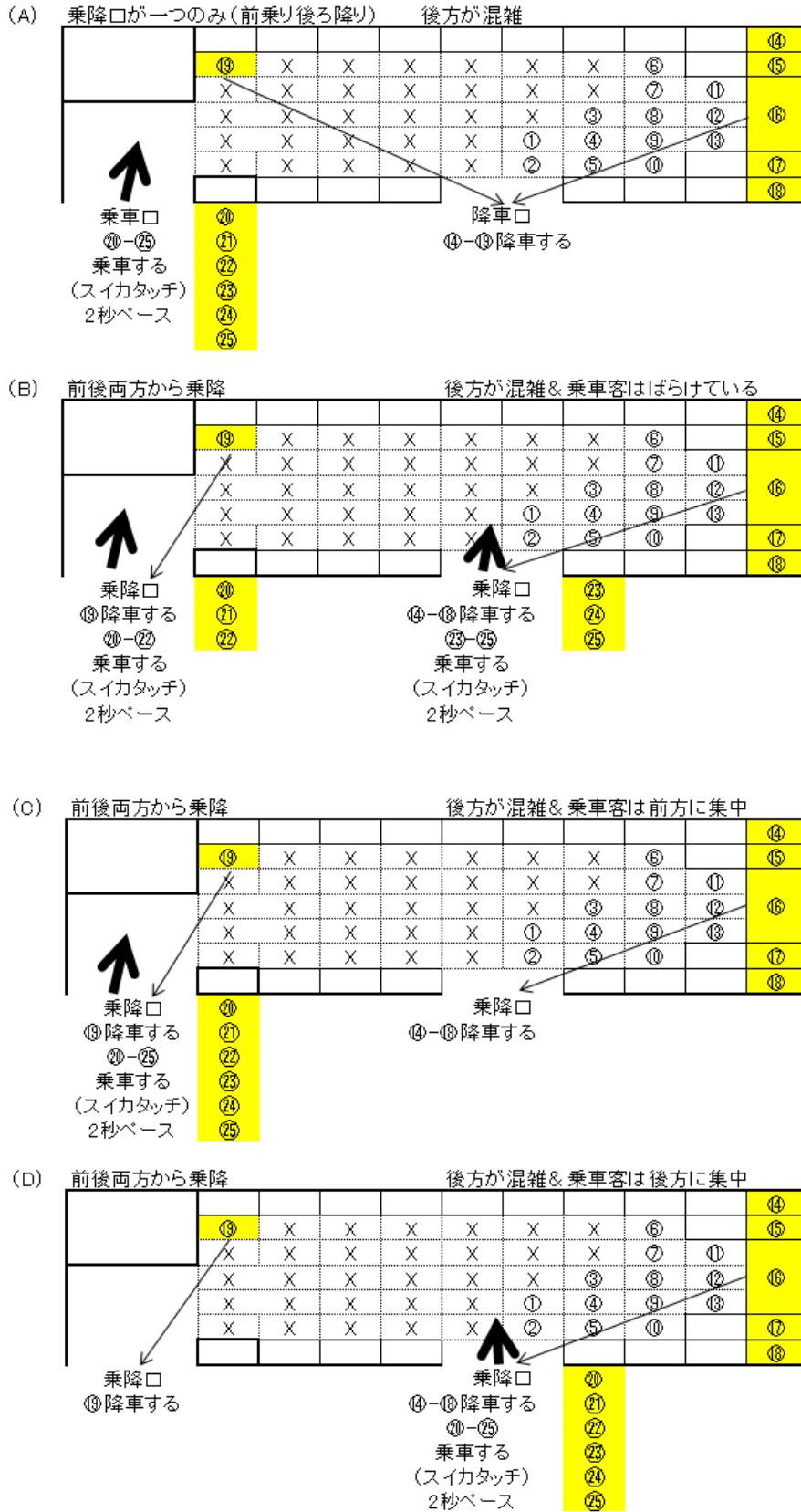
乗降に時間がかかりやすいケースとして、車内が混雑（20名）していて、降車客、乗車客が多い（それぞれ6人）状況を再現して、検証した。

車内の混雑のパターンは「後方が混雑（奥の降車客が降車）」「前方が混雑（奥の降車客が降車）」の2パターンを想定した。

それぞれに関して、乗降口が一つのみと、前後両方から乗降するパターンを検証した。前後両方から乗降する場合、降車客は常に自分に近い出入り口から降車するものと想定して、「乗車客が前後両方にばらけたケース」「乗車客が前方に集中したケース」「乗車客が後方に集中したケース」の3パターンとした。

図表 2-93 に示した数字が乗客の配置、黄色の番号が降車もしくは乗車した客である。X は人がいないことを示す。

図表 2-93 乗降実験の各実験パターン



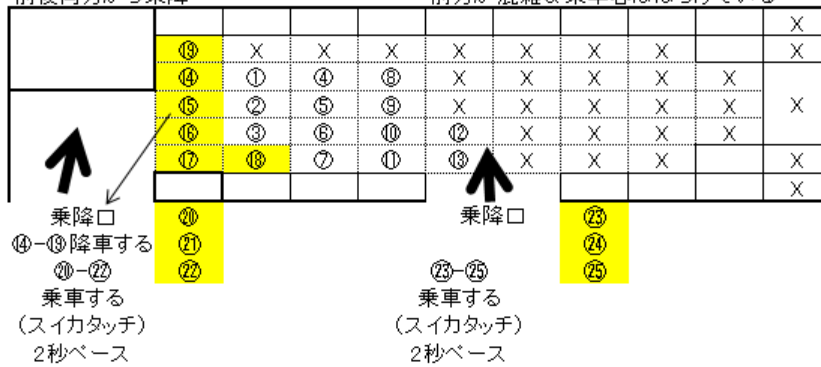
(E) 乗降口が一つのみ(前乗り後ろ降り)

前方が混雑



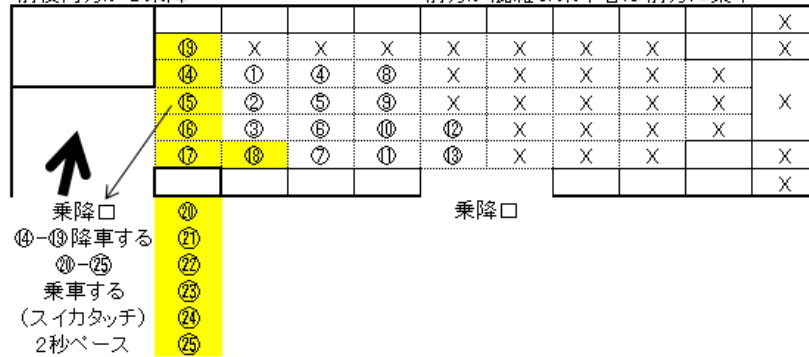
(F) 前後両方から乗降

前方が混雑&乗車客はばらけている

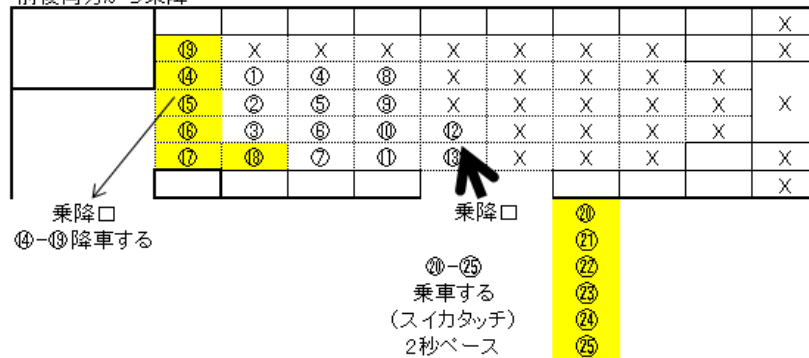


(G) 前後両方から乗降

前方が混雑&乗車客は前方に集中

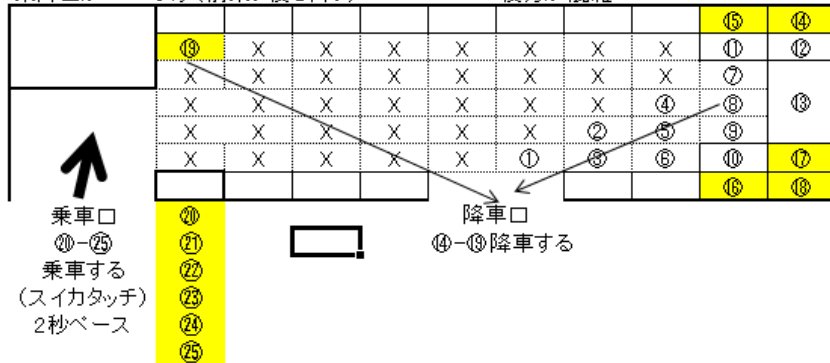


(H) 前後両方から乗降



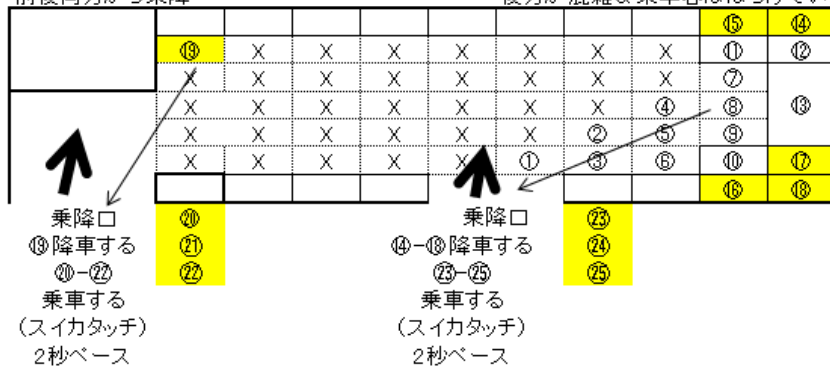
(I) 乗降口が一つのみ(前乗り後ろ降り)

後方が混雑



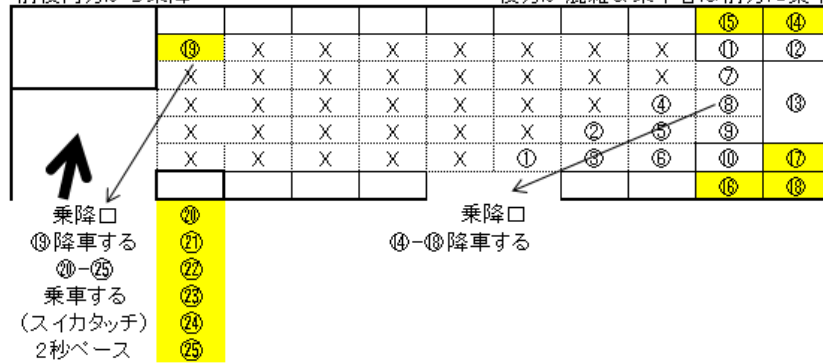
(J) 前後両方から乗降

後方が混雑&乗車客はばらけている



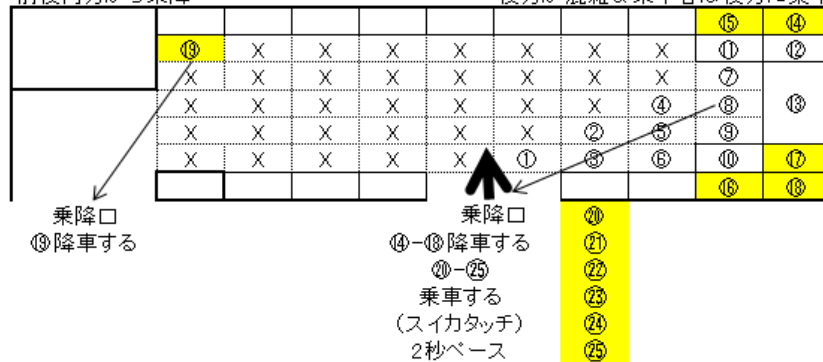
(K) 前後両方から乗降

後方が混雑&乗車客は前方に集中



(L) 前後両方から乗降

後方が混雑&乗車客は後方に集中



(3) 実験結果

図表 2-94 乗降実験の結果

No	乗降口	混雑状況	降車客の位置	概要	予想(秒)	結果(秒)
A	一つのみ(前乗り後ろ降り)	後方が混雑	降車客がバスの一番奥から降車する。	現在、一般的に行われているバスの乗り方と同じ	12	16.5
B	前後両方	後方が混雑		後方が混雑し、乗車客は前後にばらけている	16	24.9
C	前後両方	後方が混雑		後方が混雑し、乗車客は前方に集中	14	21.7
D	前後両方	後方が混雑		後方が混雑し、乗車客は後方に集中	22	28.3
E	一つのみ(前乗り後ろ降り)	前方が混雑	降車客がバスの一番前から降車する。	現在、一般的に行われているバスの乗り方と同じ	12	16.8
F	前後両方	前方が混雑		前方が混雑し、乗車客は前後にばらけている	12	13.3
G	前後両方	前方が混雑		前方が混雑し、乗車客は前方に集中	18	17.8
H	前後両方	前方が混雑		前方が混雑し、乗車客は後方に集中	6	14
I	一つのみ(前乗り後ろ降り)	後方が混雑	降車客がバスの両端から降車する。	現在、一般的に行われているバスの乗り方と同じ。	15	24
J	前後両方	後方が混雑		後方が混雑し、乗車客は前後にばらけている	21	23.5
K	前後両方	後方が混雑		後方が混雑し、乗車客は前方に集中	14	18.5
L	前後両方	後方が混雑		後方が混雑し、乗車客は後方に集中	27	26.6

乗降口が一つのみ(前乗り後ろ降り)の場合、安定して16秒程度だった。乗降口が一つの場合より時間が速かったのは、パターンFとHのみだった。その他のパターンは軒並み遅く、最も時間がかかったのはD(28.3秒)で、後方が混雑していて、乗車客が後方に集中しているパターンだった。

後方が混雑している場合のほうが降車に時間がかかっている。

(4) 結果分析

検証の結果、車内混雑及び乗降が多い場合では、結局、乗降口が一つのみ(前乗り後ろ降り)の方が、乗降時間が短い(16秒程度)ことがわかった。

前後両方での乗降に時間がかかった理由として、バスの場合、出入り口が二つしかなく通路も狭いため、混雑した車内では移動が難しい。電車のように、降車客がすいている出入り口に移動することができないため、片方の出入り口に人が集中しやすくなってしまう。また、バス停で待機している乗車客は、どちらの出入り口に降車客が多いかわからないため、並び直すことも難しい。乗降客がばらけた場合、パターンH(14秒)のように乗降時間が短縮できるが、偏ってしまった場合、パターンD(28.3秒)のように降車客の多い出入り口と、乗車客の多い出入り口がぶつかり、乗降時間が10秒以上も遅くなる。

結論として、乗降口を二つに増やすことは、乗降時間の短縮にはつながらず、前述した信用乗車のハードルも踏まえると、導入のメリットは低いといえる。

2. 2. 10. まとめ

(1) 決済用マルチ端末を使った実験について

確認事項として挙げた三点（決済そのものが正常に完了する、1台の端末で複数の決済方法を連続で使用する、乗客が混乱なく使用する）はすべてクリアでき、バス車内での使用にまったく問題ないことが分かった。

平均処理時間は現金より遅いという結果になったが、今回使用した決済用マルチ端末は開発中であり、ベースが自動販売機用の決済端末だったため、オペレータが毎回価格ボタンを押すという制約があった。これらのマイナス要素をなくし、本格的にバス車内に導入できるよう、つねに均一運賃を決済できるようなソフトウェアを開発すれば、処理時間は、4～5秒になると思われ、速度の課題は十分、クリアできると思われる。

端末の単価も安いとため、IC運賃機との併用も問題ない。バスへの設置方法も簡単なので、後付での設置も十分可能である。

バス車内でのクレジットカード利用や交通系以外の電子マネー利用は、ほぼ前例がないが、経済産業省 商務情報政策局 商務流通保安グループ 商取引・消費経済政策課にヒアリングした結果、運賃収受が適切にできれば、特に問題ないとの見解だった。

ヨーロッパ・アメリカではクレジットカードのIC化対応が進んでおり、店舗側の決済端末も入れ替えが進んでいるが、日本はIC化対応が遅れていると言われている。しかし、2. 2. 3で述べたように、今後、割賦販売法の改正を受け、店舗側の端末の入れ替えも進むと思われる。店舗で使用可能になれば、EMVコンタクトレス決済のようなチャージ不要の決済方法が日本にも浸透していこう。

多様な決済方法に1台に対応できる、決済用マルチ端末の導入は、バス乗車時間短縮に有効といえる。

(2) Origami Pay

スマートフォンをタブレットにかざしてから、決済完了音が鳴るまでの時間は2～3秒であり、非常に速かった。連続でOrigami Payを使用した場合、2人目の速度が遅くなっているが、これは1人分の処理が終わったら「戻る」ボタンをタップして次の人の運賃を再度打ち込まねばならず、時間がかかってしまったためである。もしバスに導入する場合、つねに均一運賃を表示し、処理が完了したらすぐ次の人のための決済画面に遷移するようにアプリを改修すれば、このタイムロスは避けられる。

スマホの機種やOSの違いによってエラーが起こることはなかったが、被験者がスマホアプリを立ち上げ忘れていて、実験をやり直す場面があった。実際にバスに導入された場合

でも、アプリ立ち上げミス、Bluetooth をオンにし忘れていて、などが発生すると余計に時間がかかる恐れがある。

混雑する路線バスには向かないかもしれないが、初期導入コストが非常に安く、導入も簡単なため、本調査の仕様からは外れるが、高速バスや、地方のバス会社などの運賃収受には適していると思われる。

(3) BLE ビーコン（スマートフォン利用型）

BLE ビーコンのスマートフォン利用型については、残念ながら成功率が 100% となったパターンが 1 度もなく、乗車認証として利用するのは難しいことが分かった。ビーコン電波を受信するかどうかは、スマホの受信感度に左右されるため、個体差が大きい。導入する場合、たとえスマホが反応しなくても、アプリでチケットを買った証明ができれば、乗車可能というような運用ルールが必要だろう。

(4) BLE ビーコン（ビーコンタグ型）

BLE ビーコンのビーコンタグ型については、予想以上に乗客の位置が正確に検知でき、乗車認証に有効といえる。ビーコンタグ本体のコストが高いため、バスの利用者全員がこの仕組みを利用するのは現実的ではないが、車椅子利用者、障がい者、高齢者などのケアが必要な人々の優先パスに活用できれば、利便性が高まるだろう。位置情報を取得できるというビーコンタグの機能を利用すれば、2. 2. 1 1 に挙げるような新たな展開も見込める。

(5) 運転士の負担について

最後に運転士の負担についてだが、車内に決済用端末が増えると、利用者の利便性は増すが、運転士が覚えなければならないことも増えてしまう。たとえば端末でエラーが起きた場合、運転士がどこまで対応するのか、支払いを現金に切り替えるのか、などのルールを取り決めておく必要がある。

図表 2- 95 実証実験の結果

使用機材	決済方法	決済速度	総合評価	課題	備考
決済用マルチ端末	交通系以外の電子マネー	4~6秒	○	均一運賃の引き去りができるように決済用マルチ端末のソフトウェア改修 (改修後の決済速度は2~4秒となる見込み)	実用化に向けて課題はあるが、ソフトウェアの改良で対応可能。導入が簡単で導入コストも安い。IC 運賃機との併用も問題ない。
	クレジットカードの IC 機能 (非接触)	8~10秒	△		
	Apple Pay などモバイル決済 (NFC 利用)	4~6秒	○		
タブレット・スマートフォン	Bluetooth・QR コード利用のモバイル決済	2~4秒	○	均一運賃の引き去りができるようにアプリ改修	処理速度が速く、導入コストが安い。高速バスや、地方のバス会社などの運賃収受に適している。
BLE ビーコン (スマートフォン利用型)	なし	-	△	受信感度にスマホの個体差あり	スマホの受信感度に左右されるため、個体差が大きい。現状、乗車認証として利用するには難しい。
BLE ビーコン (ビーコンタグ型)	なし	-	○	ビーコンタグの価格が高い	車椅子利用者、障がい者、高齢者の優先パスなどの限定的な使い方に活用できる。

2. 2. 1 1. BLE ビーコンと ART センター連携

今回の BLE ビーコンを利用した実証実験では、バス単体における乗車時の認証用（検知）として利用したが、更なる活用として、現在検討されている ART 情報センターとの連携が考えられる。

具体的には、車椅子利用者などの特定の乗客がバス停で待っている際にビーコンを利用して検知を行い、その情報を ART 情報センターへ送信、ART 情報センターから適切なタイミングで、バス運転士へ通知する仕組みである。

今回検討のビーコンタグ型とスマホ型の 2 方式について記載するが、いずれも共通して、バスの運転士は、バス停到達前に車椅子利用者を予め把握することができる、という効果がある。

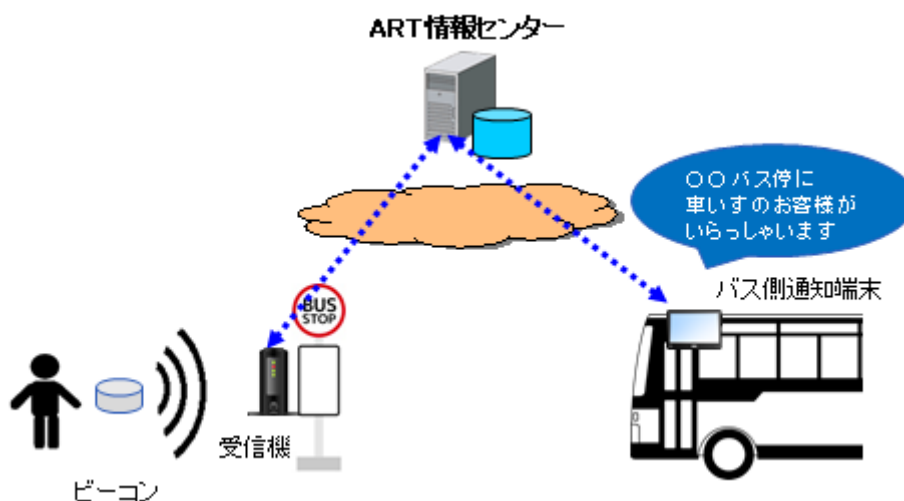
以下、2 方式の機器構成概要及びその構成のメリット、デメリットを記載する。

(1) ビーコンタグ方式

■機器構成概要

- ・バス停にビーコン受信機を設置する
- ・ビーコンタグを所持した利用者が近づき、バスを待っている状態を検知して、ART 情報センターへ情報送信
- ・バスの運転席には、ART 情報センターからの情報通知として、特定バス停客の情報がディスプレイに表示される。

図表 2-96 ART 情報センターとの連携（ビーコンタグ型）



■メリット：

- ・車椅子利用者や高齢者など特定のバス利用者に対して、スマホなどを利用せず、ビーコン配布をするだけで利用が可能。

■デメリット：

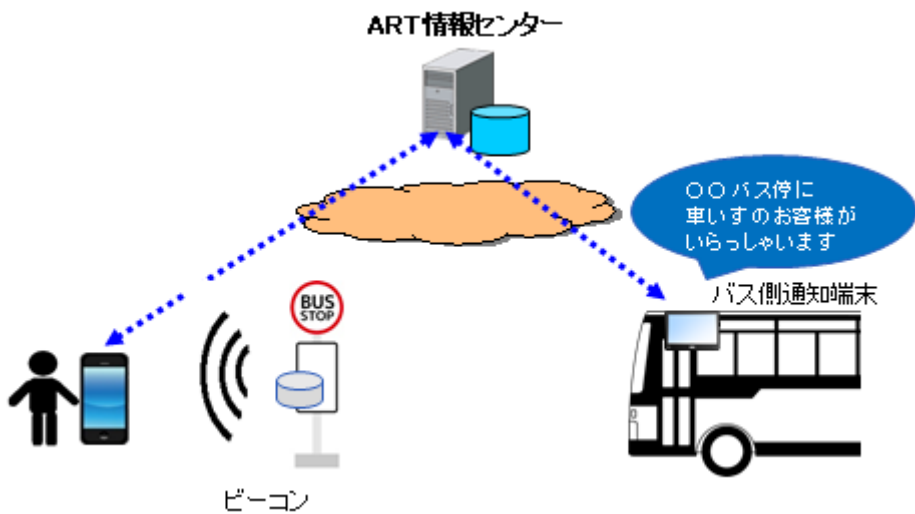
- ・ 情報通知を必要とするバス路線内のバス停全てにビーコン受信機の設置が必要となる。センターへの通信設備も必要。
- ・ 配布する利用者分、ビーコンのコストが必要になる。

(2) スマートフォン方式

■機器構成概要

- ・ バス停側に、ビーコン発信機を設置する
- ・ スマホで専用アプリをインストールしている利用者が近づくと、スマホの回線を利用して、ART 情報センターへ情報送信。同時にスマホ側にも ART 情報センターへ送信。
- ・ バスの運転席には、ART 情報センターからの情報通知として、特定バス停の客の情報がディスプレイに表示される。

図表 2-97 ART 情報センターとの連携（スマートフォン型）



■メリット：

- ・ バス停側には、ビーコン発信機の設置のみで設備コストが少ない。
- ・ スマホのアプリを利用する為、本人への通知や連動する機能などを実装することが可能。

■デメリット：

- ・ スマホの利用が前提となり、該当の特定利用者のスマホ所持が必須になってしまう。

【参考文献】

- [2-1] 「S I P (戦略的イノベーション創造プログラム)・自動走行システム」(内1⑦)
交通事故死傷者低減の国家目標達成に向けた調査・検討における公共交通の乗降時間短縮に係る調査検討 報告書 (平成 28 年 3 月)
- [2-2] 月間消費者信用 2016 年 9 月号
- [2-3] 富士キメラ総研 2016 次世代カードソリューション電子マネー関連ビジネス市場
調査要覧 (2016 年 07 月)
- [2-4] TI プランニング 世界の観光と決済・カードサービス完全ガイド (2017 年 2 月)

第3章 車椅子固定の簡素化

本章では、バスの速達性・定時運行性の向上を目指し、車椅子の固定に関して運転手の介助を必要とせず、車椅子利用者自身によって素早く固定/解除ができる仕組みを実現することを目的とする。公共バス内の車椅子固定の時間を短縮させる為の仕組みを検討する。

昨年度は、国内外において参考となる事例を調査し、技術や制度の最新動向を抑えることで、バス乗車時に車椅子利用者自身が操作可能な車椅子固定の新たな仕組みを検討するためにポイントとなる課題等を抽出した。

路線バスの乗降時間の短縮のためには、車椅子の脱着に時間を要しない、簡易な固定方法が実現できることが重要である。昨年の検討で提案があったジェットコースター型安全バーの方式について、実証実験を行う。また昨年度の検討では、欧米型の車椅子利用者自身の自己責任を重視するものが中心であったが、少し先の将来を見据えて、脱着が容易でかつ強固な固縛技術についての検討を進め、それらを世界標準にしていくような取り組みの提案を目的とする。

3. 1. ジェットコースター型の方式検証

3. 1. 1. ジェットコースター型安全バーに至った経緯の整理

(1) 昨年度調査より

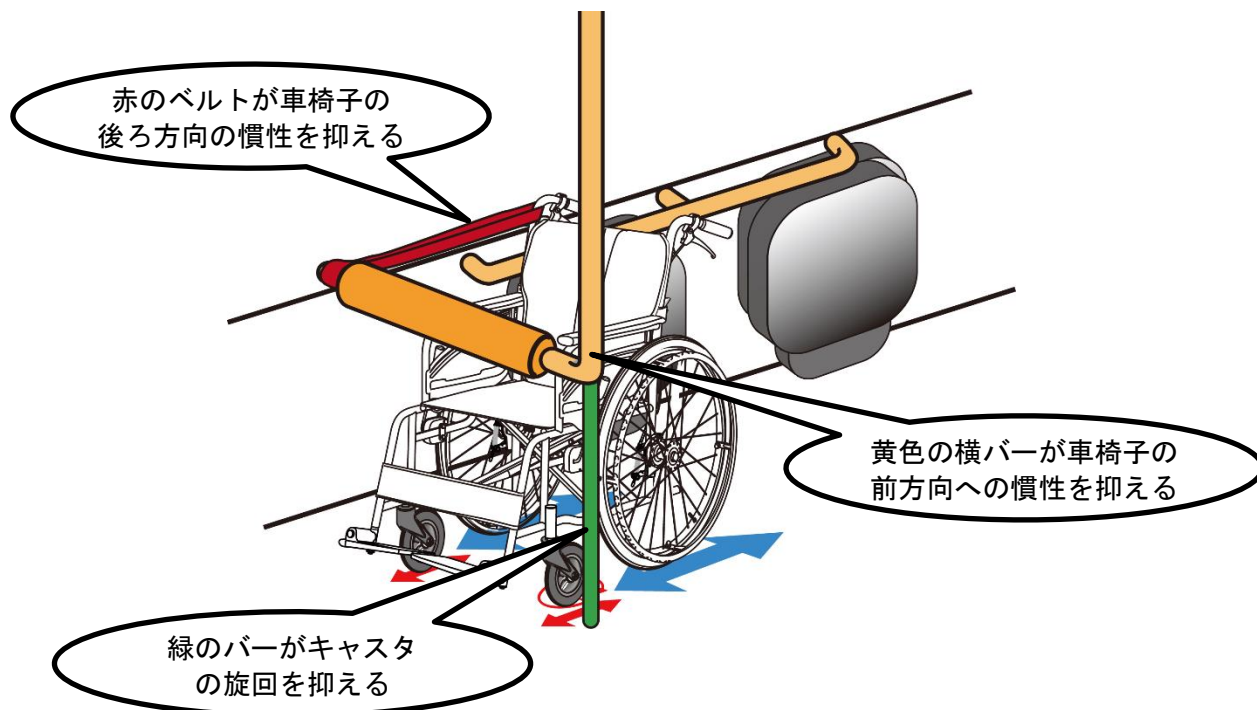
昨年度は、海外の最新を含めた車椅子固定装置を調査した。また、車椅子利用者や有識者の聞き取り調査も行い、海外で取り入れられている後ろ向きや固定装置では車椅子利用者やバス会社ともに満足いく結果に至らないことが判った。その為、簡易かつ新交通 (ART) の条件等に合わせた新たな方式の導入を検討することとした。そこで、ART の運行条件 (加速度・急ブレーキ想定) などを考慮に入れると、3点固定のような完全固定は必要ではなく、車椅子が他の乗客と接触してケガなどをさせない範囲での簡易固定でよいのではという仮説を立てた。実際、車椅子メーカーが、車椅子を運搬する場合、車椅子の完全固定は行わずに、動作制限を掛けるのみである。また、車椅子の構造上、駐車ブレーキは後輪のみで、前輪は自在に旋回と回転ができる。運搬の際に動いてしまう要因は、『前輪』と『床と車椅子の摩擦抵抗』である。それ故、『前輪の束縛』と『車椅子の慣性力を打ち消す』の2点に着目し、新たな方式『ジェットコースター型安全バー』『ISO-FIX 型クイックリリース』『リフト型安全バー』の3つを提案した。その提案に『自分でできる』『運転手の工数削減』などの条件で検討した結果、『ローコスト』『既存のバスの活用』『自分でできる』などの条件を入れ、満たすものが『ジェットコースター型』となった。

(2) ジェットコースター型安全バーの説明

図表 3-1 のように、『縦の手すり』と『横の安全バー』『車椅子補助ベルト』の3つで

構成されている。車椅子を完全固定せず、車椅子の動きを抑える考えの装置である。

図表 3-1 ジェットコースター型安全バー各要素



各構成が下記の動きを抑制し、簡易固定される仕組みである。

『縦の手すりが車椅子の前輪の旋回（ななめ方向の力を消す）を抑制』

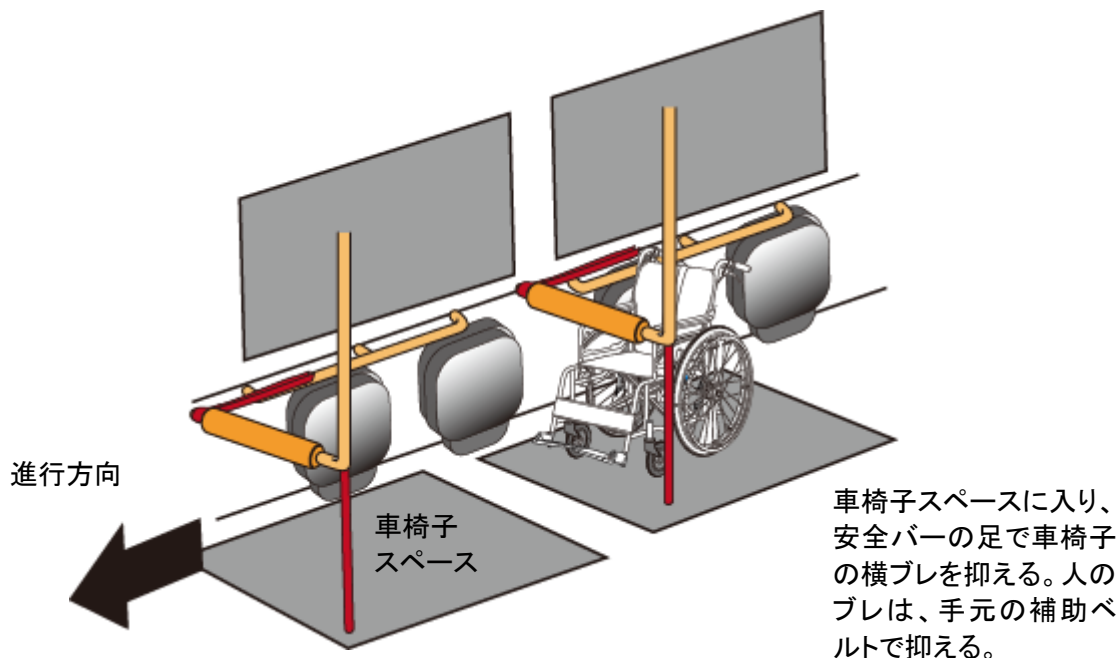
『横の安全バーが車椅子の前方への動きを抑制』

『車椅子補助ベルトが車椅子の後方への動きを抑制』

この提案装置は、図表 3-2 のように安全バーハンドルが固定されており、車椅子がそのスペースに入り、バーが車椅子の前方への動きを止める仕組みである。

**車椅子固定装置(ジェットコースタータイプ)
前方安全バー固定式車椅子移動制限装置**

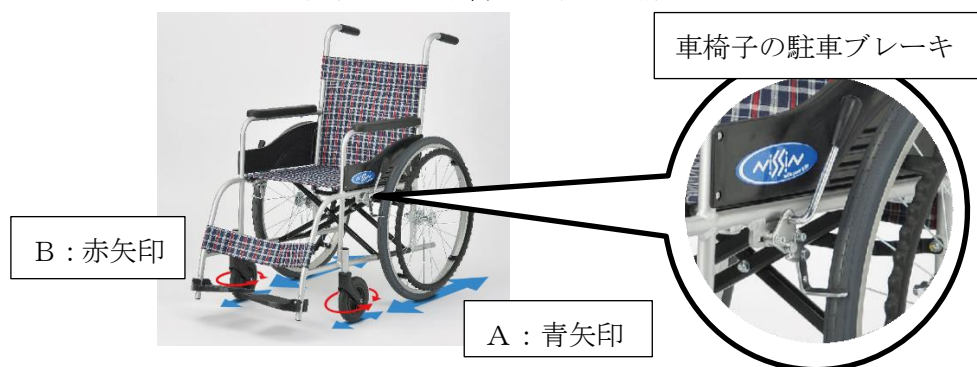
図表 3-2 ジェットコースター型安全バー使用の仕方



また、車椅子は後輪を固定する駐車ブレーキが多い(図表 3-3)。後輪のブレーキを掛けても動いてしまう下記①②の要因を解決する必要がある。

- ①後輪と床の摩擦力に起因し、後輪と床が滑ってしまう。(図表 3-3 の A : 青矢印)
- ②前輪が自在キャスタであることに起因し、バスに横 G が加わった時、キャスタの向きが変わり、斜め横方向に動いてしまう。(図表 3-3 の B : 赤矢印)

図表 3-3 車椅子の動きと構造



そこで、急ブレーキ時の前方へ慣性力を横のバーハンドルで抑え、横又は斜め前方向のブレを縦のバーハンドルで抑える構造のジェットコースター型の方式で車椅子を簡易的に固定することが可能と考えられる。車椅子利用者の安全は、バーハンドル

に取り付けられた補助ベルトで、車椅子を簡易に固定することで確保する。補助ベルトで急発進時に車椅子が後方へ流れないようにする。

(3) 固縛操作の対象者

ジェットコースター型の対象者は、固縛操作を自身で行うことができる上肢に支障がない車椅子利用者とする。電動車椅子やリクライニングなど大型車椅子は非対象とする。

実際の操作は、下記となる。

- ①車外から車内への移乗
- ②車椅子スペース内への移動
- ③車椅子ブレーキの操作
- ④安全バーと車椅子とを補助ベルトで固定

ジェットコースター型安全バーは、車椅子の幅が変わっても抑えることができるため、東京オリンピック・パラリンピックで増加すると見込まれる外国人観光客への対応も可能と考えられる。

図表 3-4 ジェットコースター型安全バー対応表

	JIS 標準型車椅子	アクティブ車椅子	大型車椅子
対象	○	○	×
自立度	中 (介助者が居る場合が多い)	高 (単独行動を想定)	低 (自家用車での移動が多い)
理由	介護保険で高齢者が使用しているため、日常生活で使用されている割合が高い	パラリンピックで東京に訪れる車椅子利用者が利用している確率が高い	電動車椅子・リクライニングなど大型車椅子は使用されている割合が低い
イメージ			

(4) 設置条件

設置に関しては、既存のバスへの後付の改造程度で可能とする。

3. 1. 2. ジェットコースター型の実証実験

ジェットコースター型の有効性を確認するため、ジェットコースター型の試作をバスに搭載し、実証実験を行った。また、実証実験では人の搭乗を計画した為、11月に予備実験を行い、ジェットコースター型の有効性と安全性を確認した。

(1) 予備実験

①予備実験概要

実験装置を作製し、バーハンドルの高さや幅と車椅子が簡易固定可能か、人が乗って安全かの2点の検証を行った。

- ・ 実験日：2016年11月10日
- ・ 場所：日進医療器株式会社、北名古屋周辺道路
- ・ 被験者ダミー：JIS100kg
- ・ 走行試験：一般道路

※予備実験はジェットコースター型の有効性と安全性の確認を目的としており、被験者を用いず、ダミーを用いて安全性を確認するものとした。また、急発進や追突事故など危険な状況は想定せず、他の乗客へ危害が加わらない範囲での固定を条件とした。

②予備実験装置

1) ジェットコースター型の試作実験装置

予備実験として、図表 3-5 のような実験装置を作成し、バーハンドルの高さや幅と車椅子が簡易固定可能かの検証を行った。また、本実験で人が乗って検証するための安全も確認した。確認には、加速度を用いた。車椅子には、JIS T9201 手動車椅子で規定されているテストダミーを乗せ、検証を行った。

図表 3-5 ジェットコースター型安全バーの試作



2) 車椅子

車椅子は、下記のものを使用した。

図表 3-6 予備実験使用車椅子

	車椅子種類	サイズ (cm)				車輪サイズ		重量 (kg)
		シート幅	全幅	全高	全長	前輪	後輪	
①	JIS 標準型車椅子	40	64	88	99	6"	22"	12.9
②	アクティブ車椅子	36	54	69	77	4"	25-540	10.3

図表 3-7 予備実験に使用した JIS 標準型車椅子 図表 3-8 予備実験に使用したアクティブ車椅子



3) 実験車両

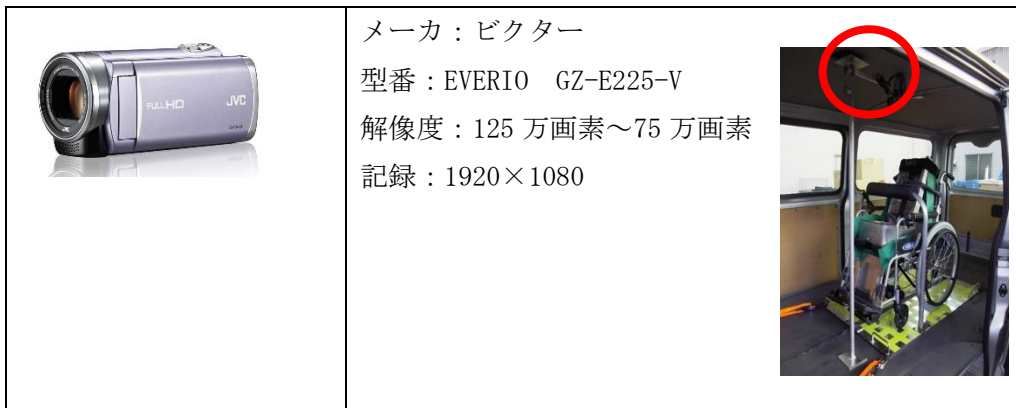
実験車両は、下記の物を使用した。

トヨタ自動車製ハイエースバン

4) 記録装置

予備実験車両内に設置した縦パイプにフルHDカメラ（図表 3-9）を高さ約 1.3m の位置に吊り下げ、記録をした。

図表 3-9 使用ビデオ機材

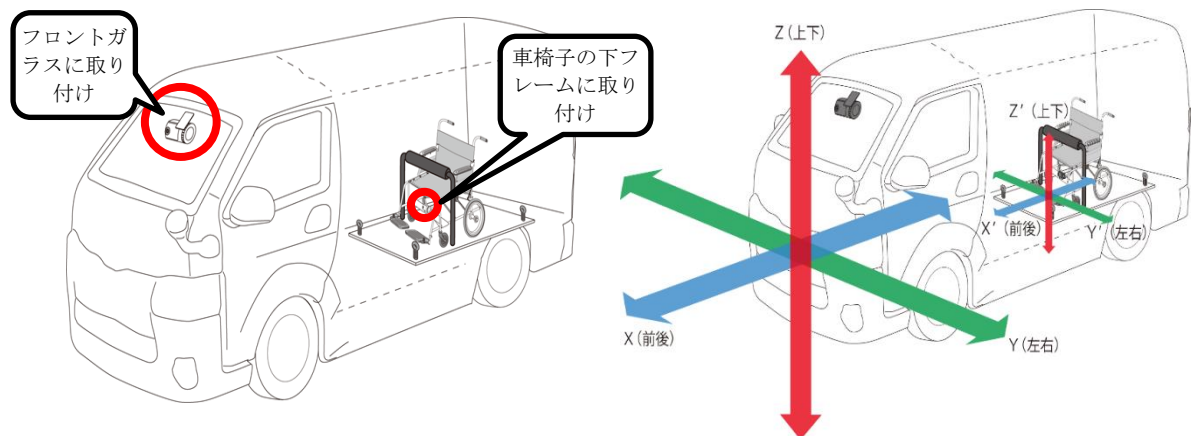


5) 加速度計


安全性の指標とする加速度は、図表 3-10 のように自動車のフロントガラスと車椅子に加速度計を取り付け、計測した。なお、加速度計には、位置も測定できるドライブレコーダーを用いた。

ドライブレコーダーは計測機器ではない為、得られた数値は車両と車椅子の加速度を相対的に比較する資料として使用する

図表 3-10 ドライブレコーダー取付箇所



図表 3-11 実験に使用したドライブレコーダー

	<p>メーカー：株式会社ユピテル 型番：BU-DRHD431 フレームレート：30コマ/秒 解像度：最大 1080P HD センサ：GPS、3軸Gセンサ</p>
---	--

③実験方法

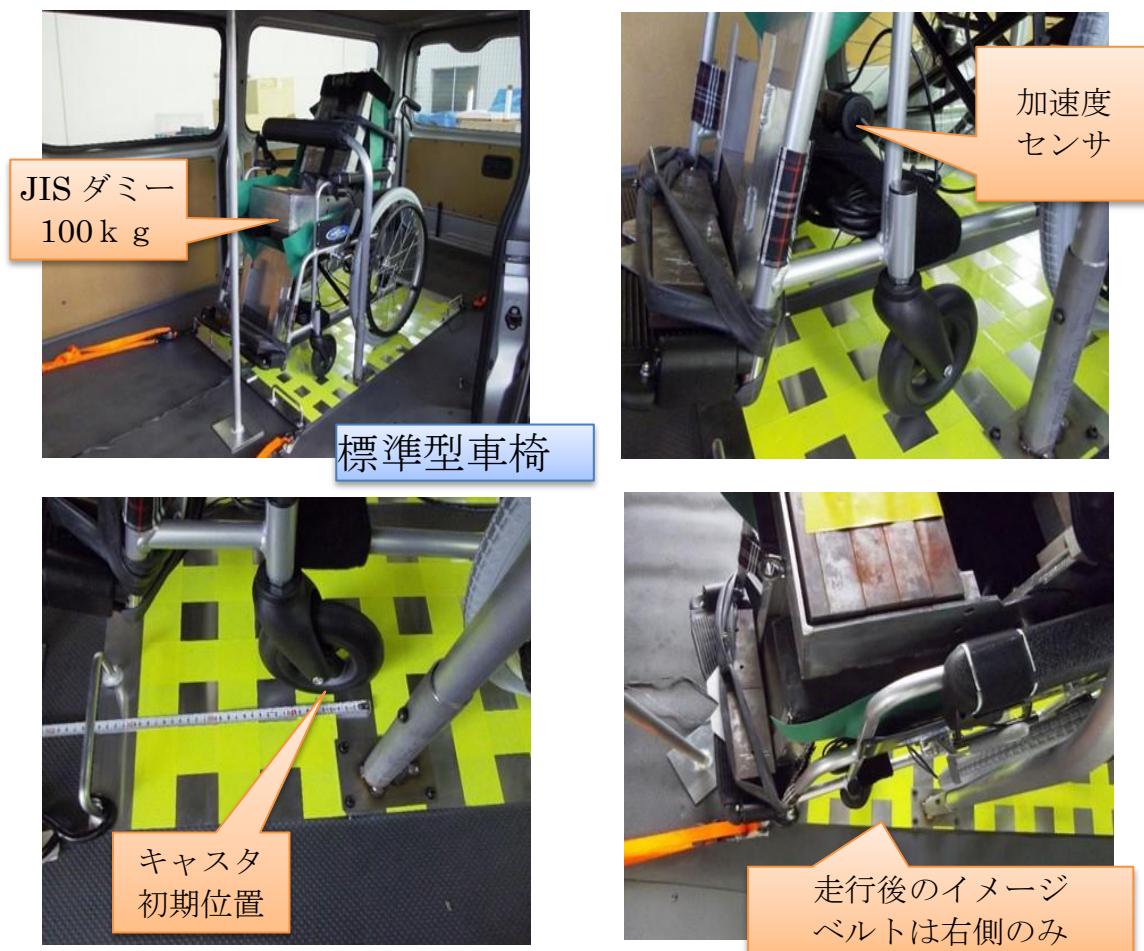
実験車両荷台にジェットコースター型安全バーの試作品を固定させ、JIS ダミー 100kg を載せた車椅子を簡易固定した状態で車両走行を行い、フルHDカメラでその様子を撮影・録画した。また、加速度は、実験車両フロントガラスと車椅子の前輪キャスタ付近の下フレームに取り付け計測した。

実験項目の一覧を図表 3-12 に示す。車両速度は、0～60km/h。右左折、信号停止あり。道路交通法に遵守した走行内容とした。

図表 3-12 実験項目一覧

車両速度	ルート	実験車両	車椅子の種類	被験者 ダミー
0～60 Km/h	愛知県北名古屋市周辺 右左折、信号停止有	商用バン	① JIS 標準型 ② アクティブ車椅子	JIS100kg

図表 3-13 標準型車椅子の装置固定



図表 3-14 アクティブ車椅子の装置固定



④実験結果の分析方法

車両走行データから、簡易固定の有効性と人の搭乗の安全性を分析するため、主に以下の5つの視点から整理し検討を行った。

- 1) 車椅子がジェットコースター型安全バーから抜け出さないことについて
- 2) 車椅子の違いによる車椅子固定の有効性について
- 3) 加速度について（本実験で、車椅子に人が搭乗しても安全か）
- 4) 安全バーの高さについて
- 5) 車椅子固定の補助ベルトの取り付けについて

⑤実験結果の概要

予備実験の様子を図表 3-15～20 に示す。予備実験で用いた走行地図を図表 3-21 に示す。

図表 3-15 実験車両へのジェットコースター型安全バー固定状況



図表 3-16 JIS 標準型



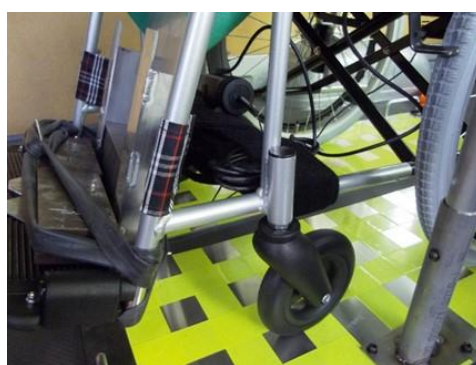
図表 3-17 アクティブ車椅子



図表 3-18 車載用加速度測定器



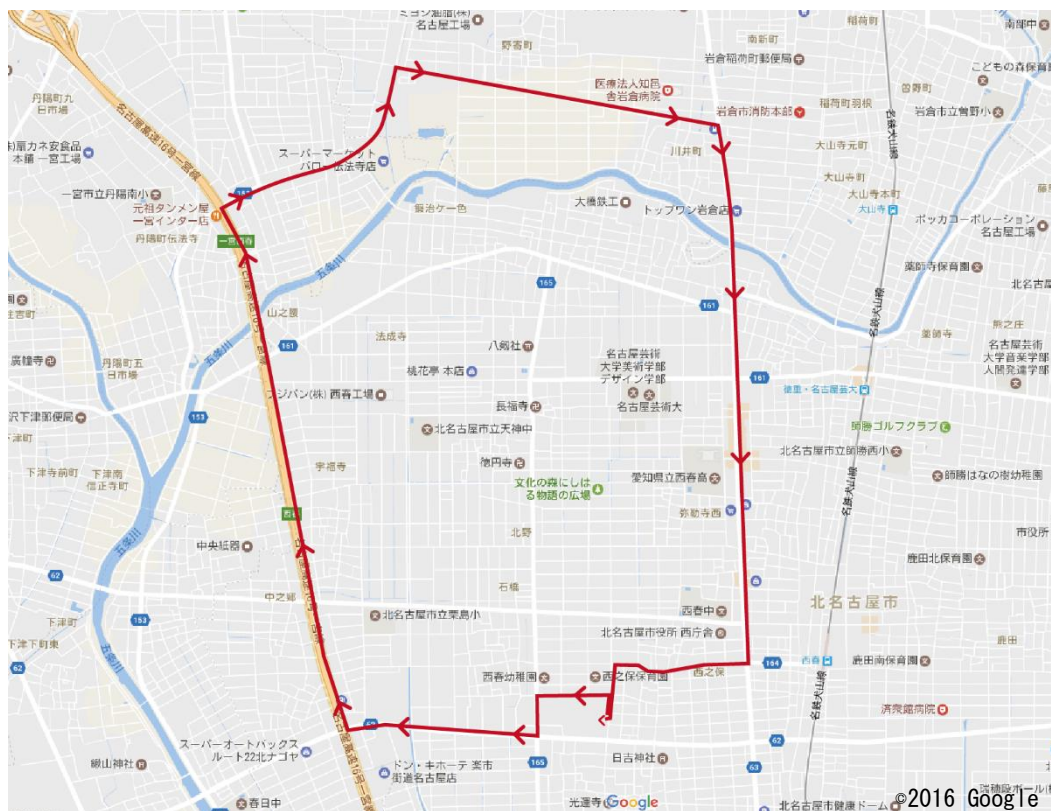
図表 3-19 車椅子用加速度測定器



図表 3-20 撮影器具



図表 3-21 走行ルート



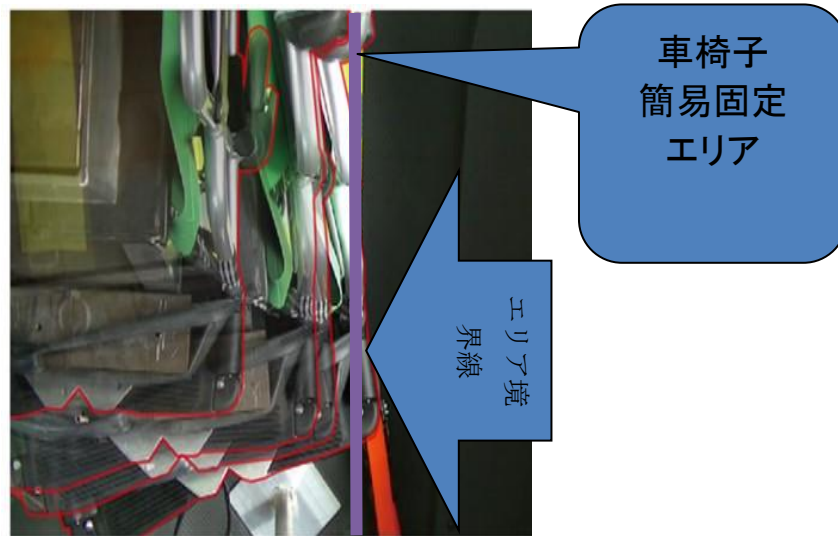
1) 車椅子がジェットコースター型安全バーから抜け出さないことについて

ア) JIS 標準型車椅子

安全バーと車椅子の固定を右側のみ行い、走行試験を行った。

発進や 90° 右左折、停止とも車椅子が簡易固定エリアからはみ出ることにはなかった。(図表 3-22)

図表 3-22 標準型車椅子の走行時の振れ軌跡



イ) アクティブ車椅子

- i) 安全バーと車椅子の固定を右側のみ行った場合、車椅子は、簡易固定エリアからはみ出ることにはなかったが、90° 右左折を繰り返すと縦手すりからキャストが外れてしまう現象が確認できた。JIS 標準型車椅子は異なり、キャストから車椅子先端までの距離が短い為（図表 3-24）、比較的少しの前後移動で車椅子がジェットコースター型安全バーから外れてしまった。

尚、車椅子のブレーキは海外製のブレーキがないものを想定して使用せずに行った。

- ii) 安全バーと車椅子の固定を左右で行った場合、発進や90° 右左折、停止とも車椅子が簡易固定エリアからはみ出ることにはなかった。（図表 3-23）

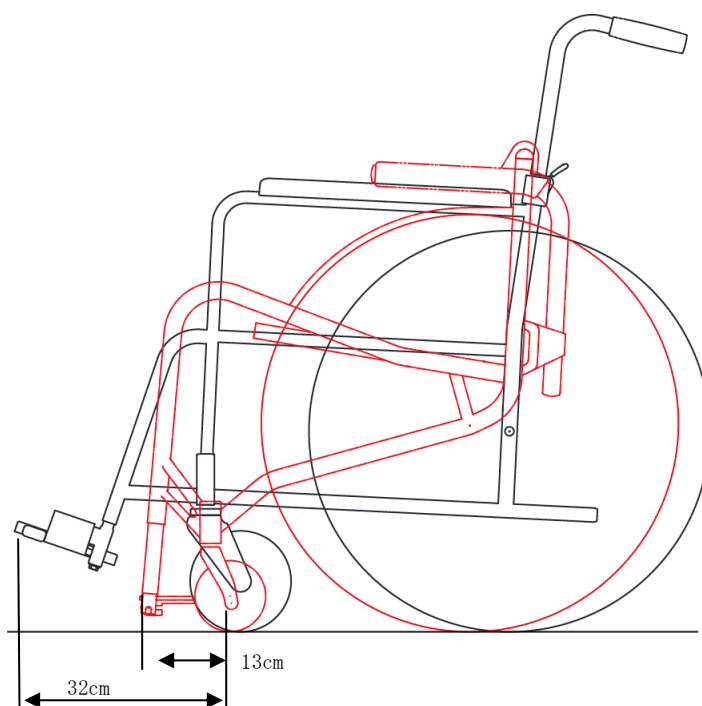
図表 3-23 アクティブ車椅子の走行時の振れ軌跡



2) 車椅子の違いによる車椅子固定の有効性について

上記 1) の内容より、キャスタから車椅子先端の距離が短いアクティブ車椅子の方が条件は悪いことが明確となった。条件が悪い場合でも簡易固定には、車椅子の左右の固定が有効であった。

図表 3-24 標準型車椅子とアクティブ車椅子の寸法の違い



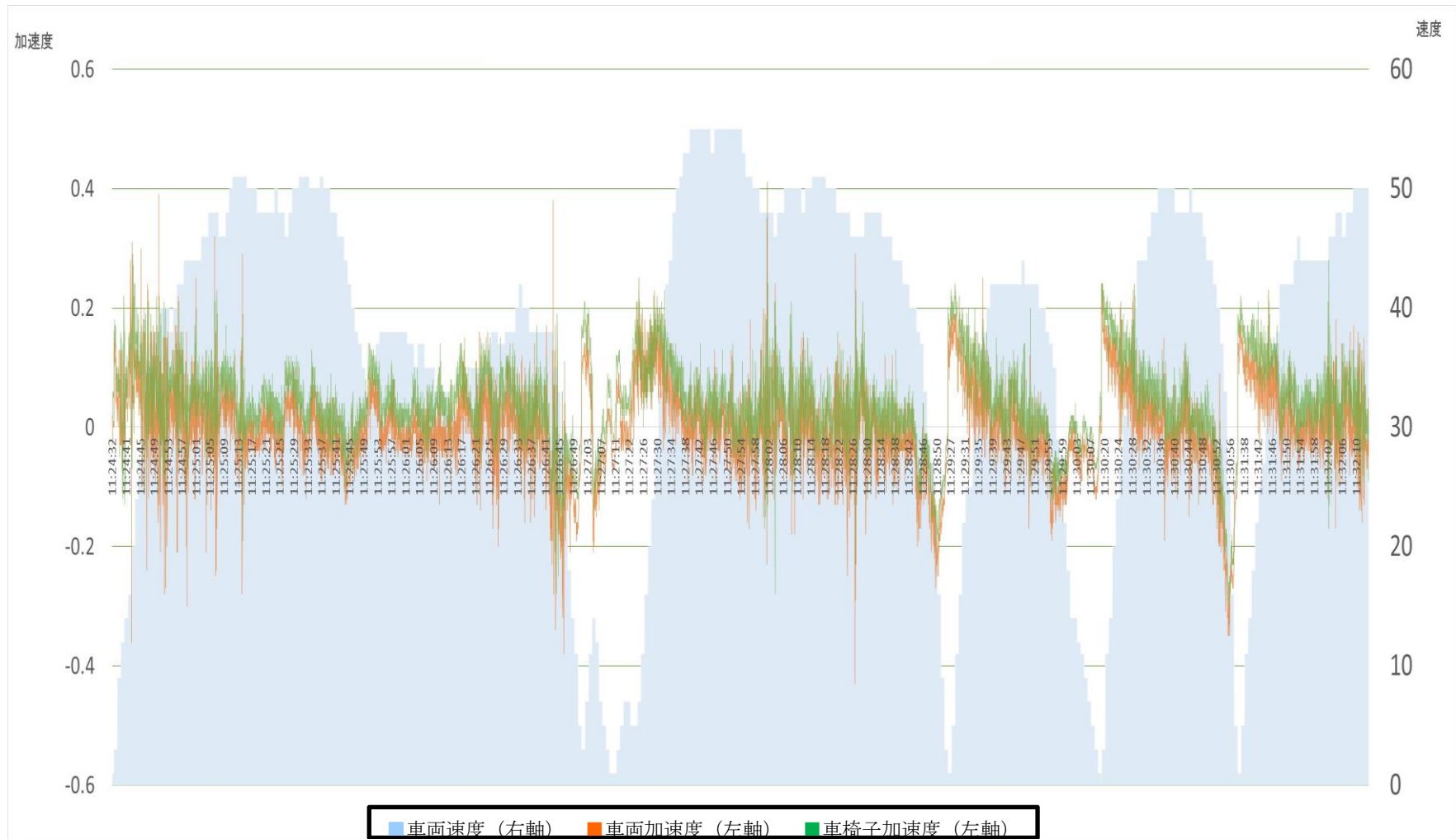
3) 加速度について

ア) JIS 標準型車椅子

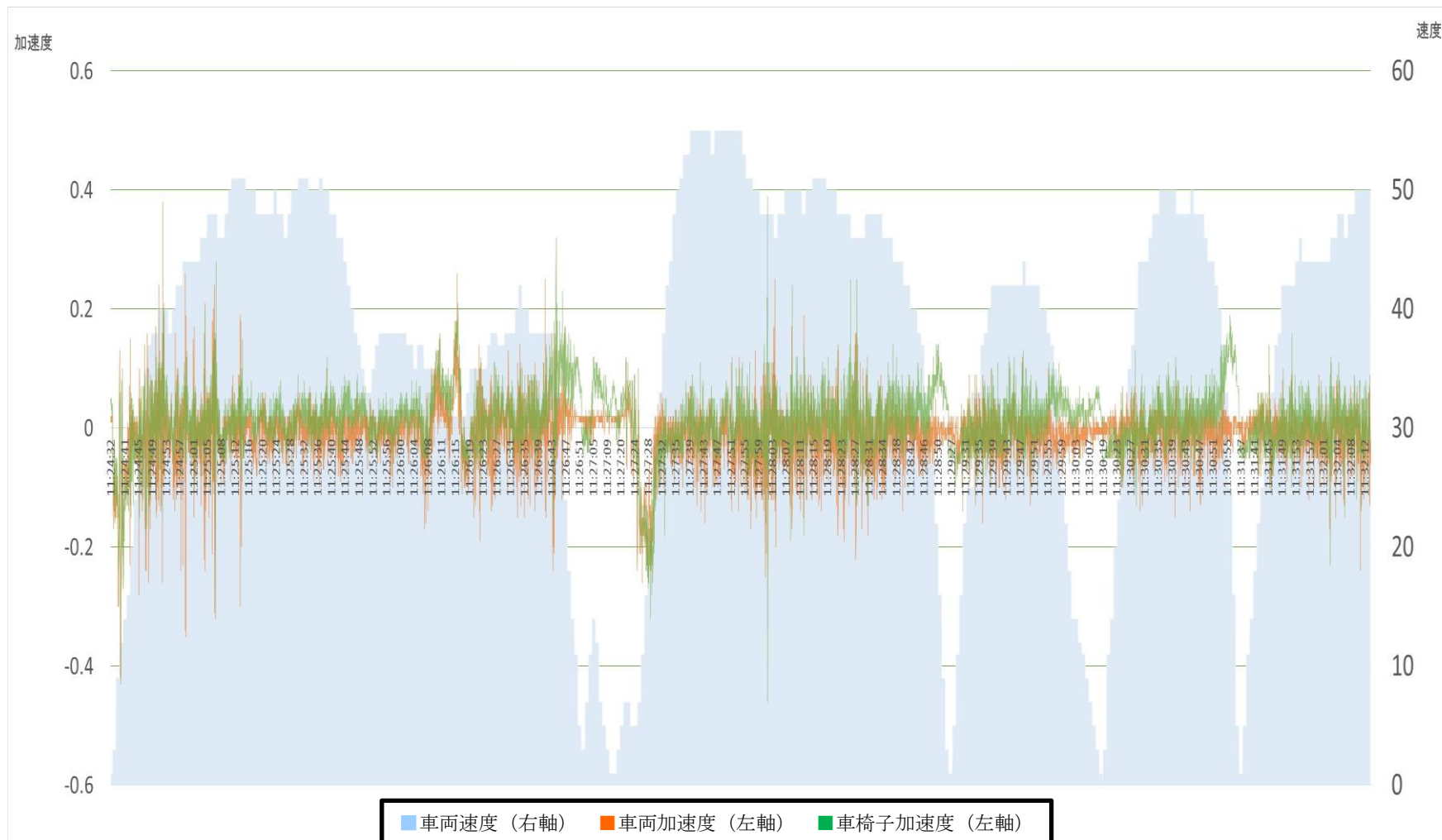
X 加速度（前後）、Y 加速度（左右）、Z 加速度（上下）とも、自動車の加速度と JIS 車椅子の加速度は、相対的にほとんど差は見られなかった。また、車椅子の Z 加速度が上方方向に大きく振れた要因は、加速度センサと車椅子への固定を布ベルトの上で行ったためと考えられる。

自動車と車椅子の加速度が、ほぼ同様の振れ幅となったため、車椅子は安全に固定されているといえる。

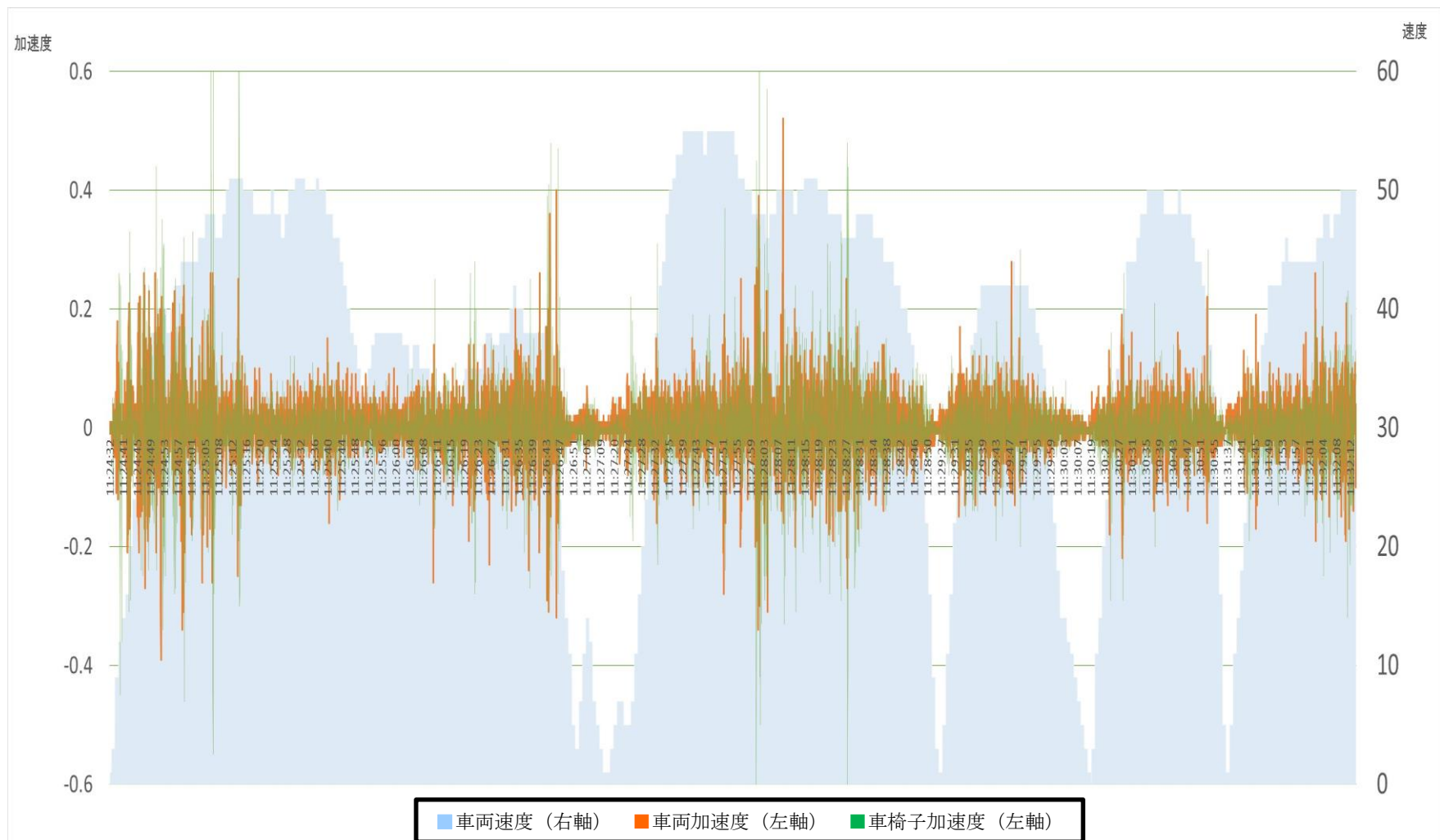
図表 3-25 車両と標準型車椅子の X 加速度相対比較



図表 3-26 車両と標準型車椅子のY加速度相对比较



図表 3-27 車両と標準型車椅子のZ加速度相对比较

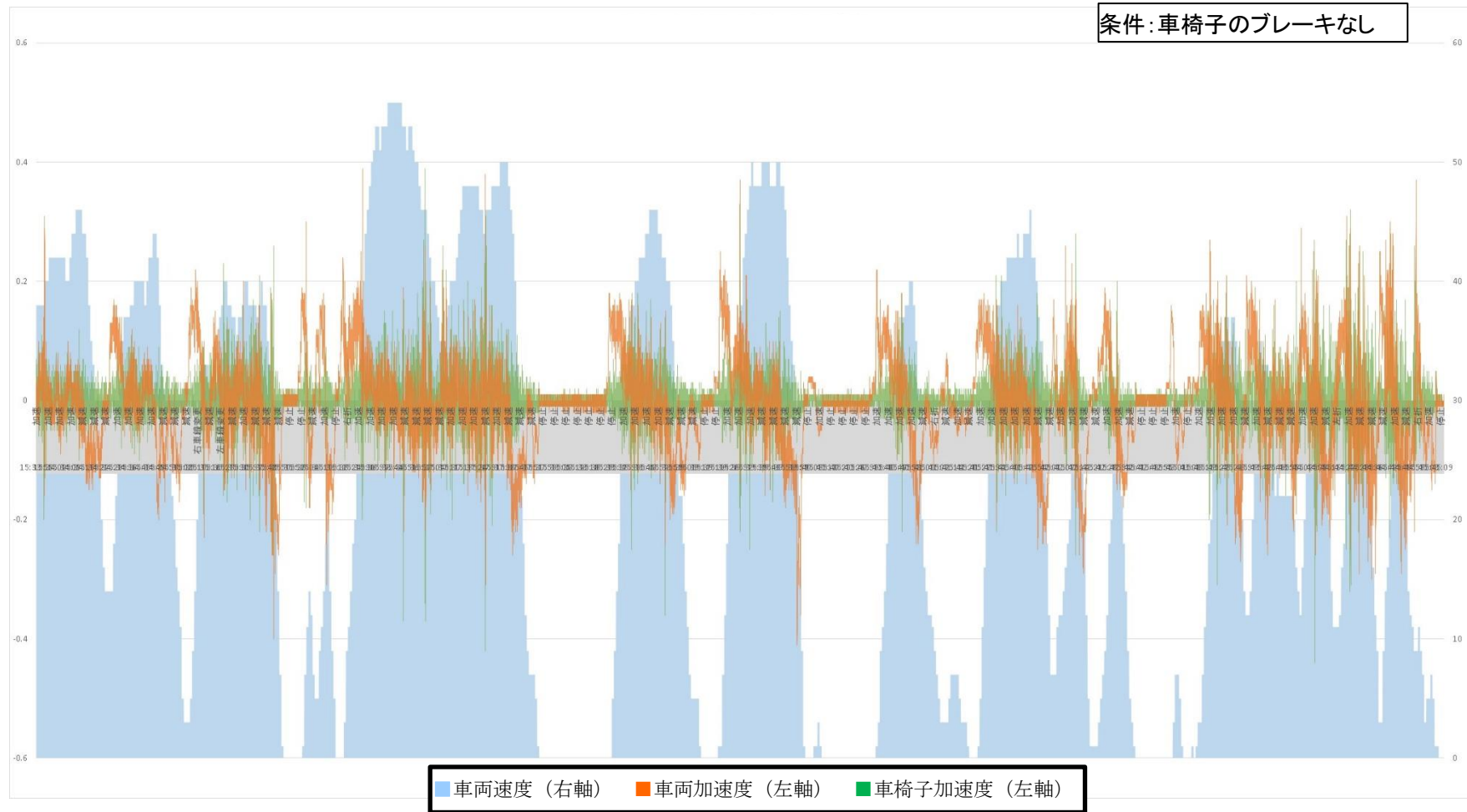


イ) アクティブ車椅子

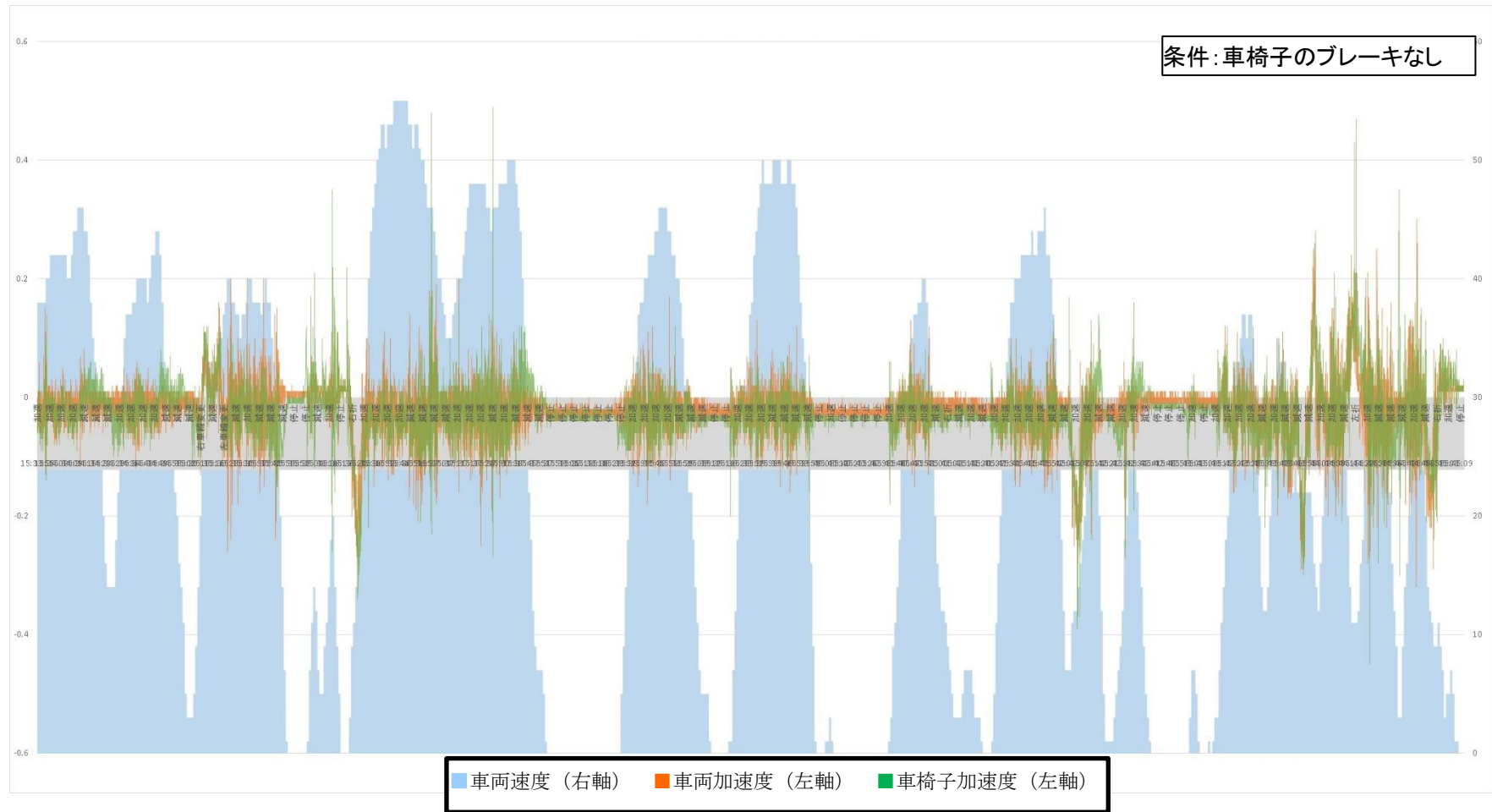
X 加速度（前後）、Y 加速度（左右）とも、自動車の加速度と JIS 車椅子の加速度は、相対的にほとんど差は見られなかった。また、車椅子の Z 加速度が上方方向に大きく振れた要因は、加速度センサと車椅子への固定を布ベルトの上で行ったためと考えられる。

自動車と車椅子の加速度が、ほぼ同様の振れ幅となったため、車椅子は安全に固定されているといえる。

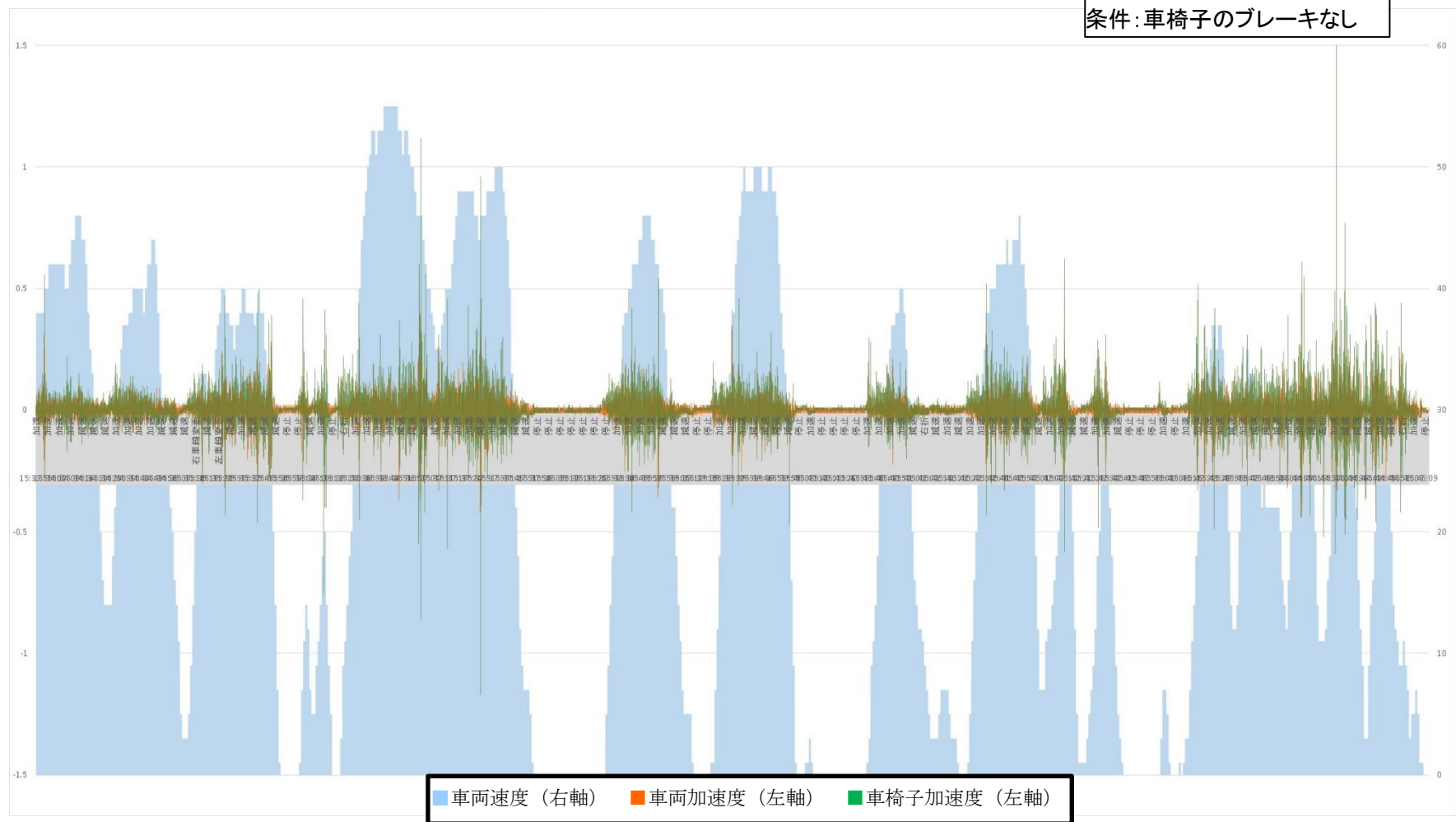
図表 3-28 車両とアクティブ車椅子のX加速度相対比較



図表 3-29 車両とアクティブ車椅子のY加速度相対比較



図表 3-30 車両とアクティブ車椅子のZ加速度相対比較



4) 安全バーの高さについて

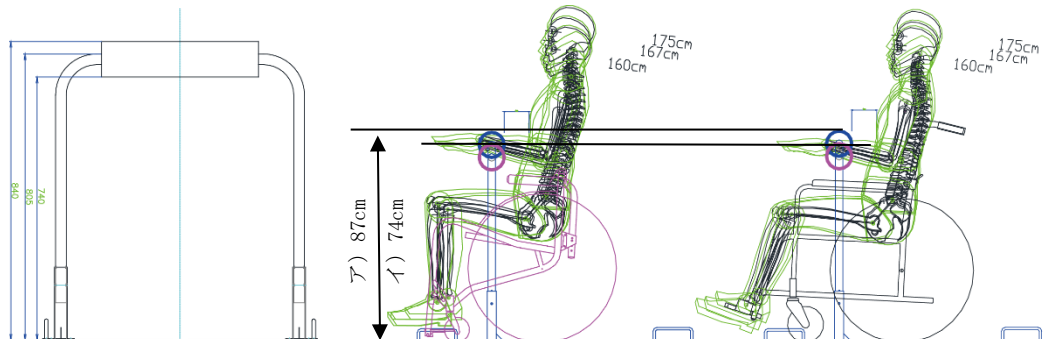
安全バーは、2段階高さ調整式で設計を行った。なお、2段階の寸法については、ア) 海外の車椅子が入る寸法、イ) 日本の車椅子合わせた高さの2種とした。

図表 3-31 バー高さ

	パッド上部	パッド下部
ア) 海外の車椅子対応	84cm	79cm
イ) 日本の車椅子対応	74cm	69cm

日本の車椅子に対して、条件の悪くなるア) 海外の車椅子対応高さに合わせ、予備実験を行った。結果、JISダミーを用いた試験においては、JIS標準型車椅子とアクティブ車椅子のいずれも固定に問題は見られなかった。

図表 3-32 安全バーの高さ検証（机上検証）



5) 車椅子固定の補助ベルトの取り付けについて

ア) JIS標準型車椅子

車椅子補助ベルトを、安全バーの右側から車椅子のアームサポート(肘)フレームに固定して予備実験を行ったが、JIS標準型車椅子では問題はなかった。

イ) アクティブ車椅子

上記ア) 同様に1本のベルトで固定した場合、車椅子が安全バーから抜け出てしまった。

※この実験では、公道において無理のない車両走行で「発進」「右折」「左折」「停止」を行ったため、路面状況や交差点の状況、カーブの大きさ等での違いは検討していない。

図表 3-33 JIS 標準型車椅子のベルト固定の検証図



図表 3-34 アクティブ車椅子のベルト固定の検証



6) 予備実験の考察

予備実験の結果より、1BOX カー内では、ジェットコースター型安全バーを用いて車椅子を簡易固定することが可能であった。また、加速度も車両と車椅子とで大きく変わることがなかった為、本実験では人が搭乗して確認を行うこととした。

7) 予備実験の課題

予備実験で得られた課題と計測方法より、本実験は、下記のように行う。

- 1) バス車両の改造はしない。3点固定装置を用いて安全バーを固定する。
- 2) 補助ベルトによる車椅子の固定は左右フレームとする。
- 3) 車椅子のブレーキは掛ける。
- 4) 車椅子取付の加速度センサは、車椅子にテーブルを固定し、その上に固定
- 5) ヨーレートも測定する（車椅子にテーブルを固定し、その上に固定）
- 6) 車椅子には健常者が搭乗する。

(2) 本実験

①本実験概要

本実験装置を作成し、下記の3点について確認をおこなった。

- 1) バーハンドルの高さと同幅
- 2) 車椅子が簡易固定可能か
- 3) 人が乗って安全か

- ・ 実験日：2017年1月24日
- ・ 場所：京成バス新都心営業所、JR海浜幕張駅周辺道路
- ・ 被験者：健常者 体重60kg、身長170cm
- ・ 走行試験：バス路線

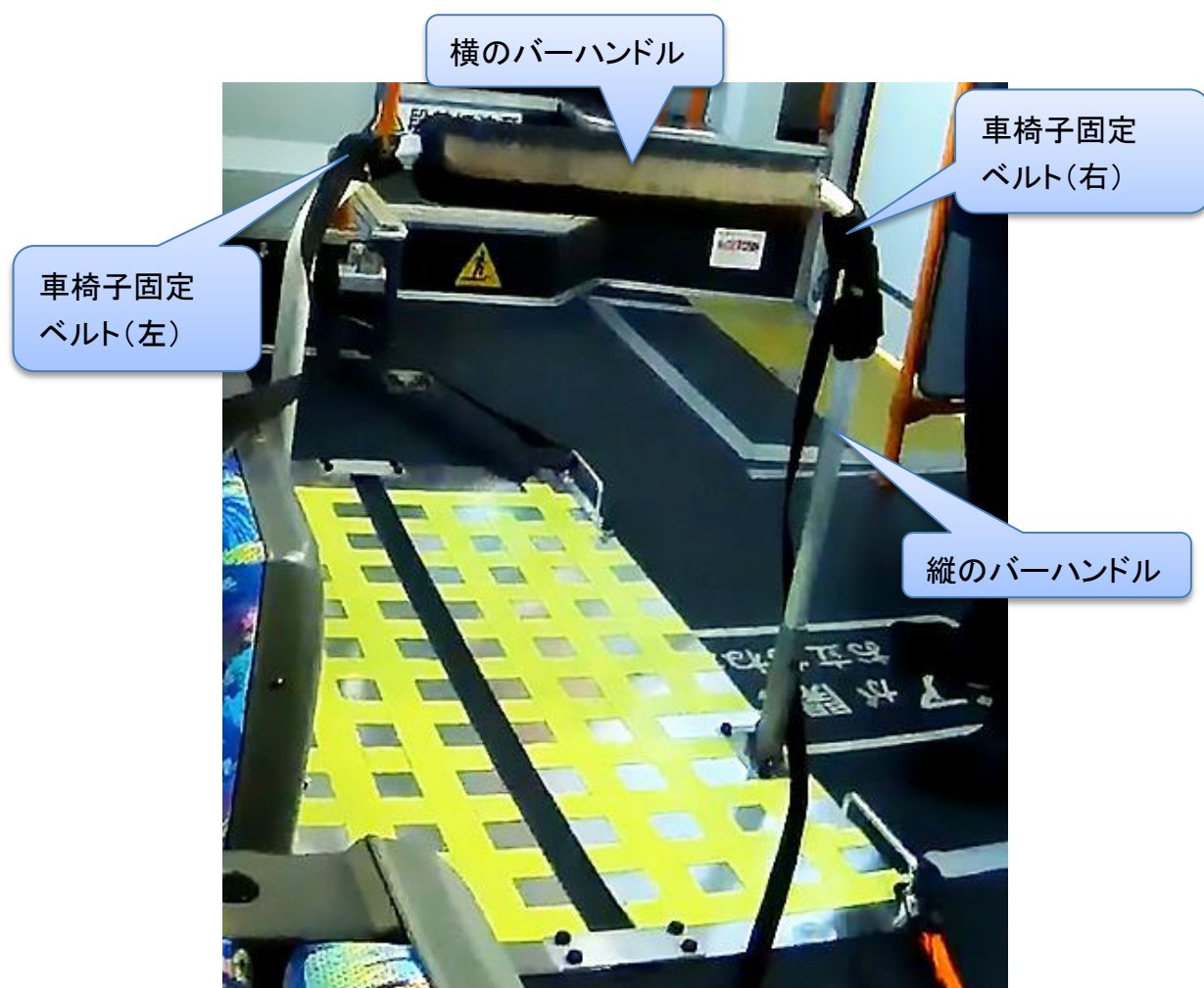
※本実験はジェットコースター型安全バーの有効性と安全性の確認を目的としており、健常の被験者を用いて安全性を確認するものとした。また、通常のバス走行で、他の乗客へ危害が加わらない範囲での固定を条件とした。

②本実験装置

1) ジェットコースター型の試作本実験装置

本実験として、図表 3-35 のような実験装置を作成し、バーハンドルの高さや幅と車椅子が簡易固定可能かの検証を行った。また、実際にバスに搭載した場合の安全も確認した。確認には、加速度とヨーレートをを用いた。車椅子には、健常の被験者が搭乗し、検証を行った。

図表 3-35 ジェットコースター型安全バーの本実験用試作



2) 車椅子

車椅子は、下記のものを使用した。

図表 3-36 本実験使用車椅子

	車椅子種類	サイズ (cm)				車輪サイズ		重量 (kg)
		シート幅	全幅	全高	全長	前輪	後輪	
③	JIS 標準型車椅子	40	64	88	99	6”	22”	12.9
④	アクティブ車椅子	38	59	69	77	4 “	23-559	11.4

図表 3-37 本実験に使用した JIS 標準型車椅子



図表 3-38 本実験に使用したアクティブ車椅子



尚、アクティブ車椅子は、予備実験と本実験とで仕様を変更した。
 万が一の後方転倒事故を防ぐため、後方転倒防止装置付の車椅子を使用した。

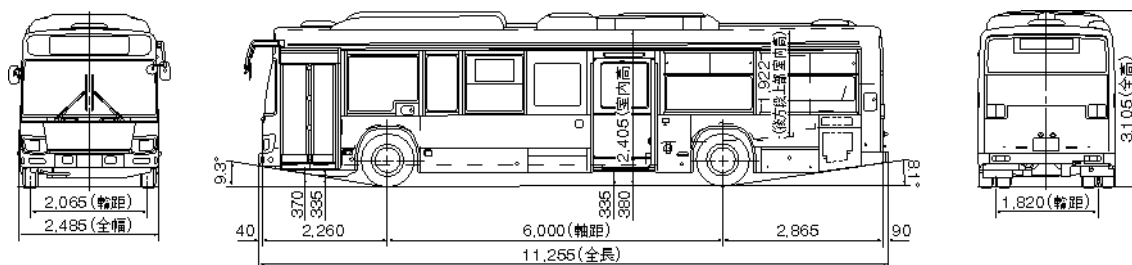
3) 実験車両

実験車両は、京成バス株式会社所有の日野自動車株式会社 型式：QSG-HL2ASAP のバスを使用した。

図表 3-39 QSG-HL2ASAP の写真と仕様



※出所：日野自動車株式会社ホームページ



全長 (mm)	ホイール ベース (mm)	全高 (mm)	全幅 (mm)	サス ペンション	原動機				変速装置の 型式及び 変速段数
					型式	総排 気量 (L)	最大 トルク (N-m)	最高 出力 (kW)	
11,255	6,000	3,105	2,485	エアサス	A05C-K1	5.123	834	184	6AMT

4) 記録装置

バス車両内の横パイプ（床からの高さ約 1.8m）にフル HD カメラ（図表 3-40）を固定し、車椅子上方より記録を行った。

図表 3-40 使用ビデオ機材

	<p>メーカー：ビクター 型番：EVERIO GZ-E225-V 解像度：125 万画素～75 万画素 記録：1920×1080</p>
---	--

図表 3-41 ビデオ取付場所と撮影イメージ

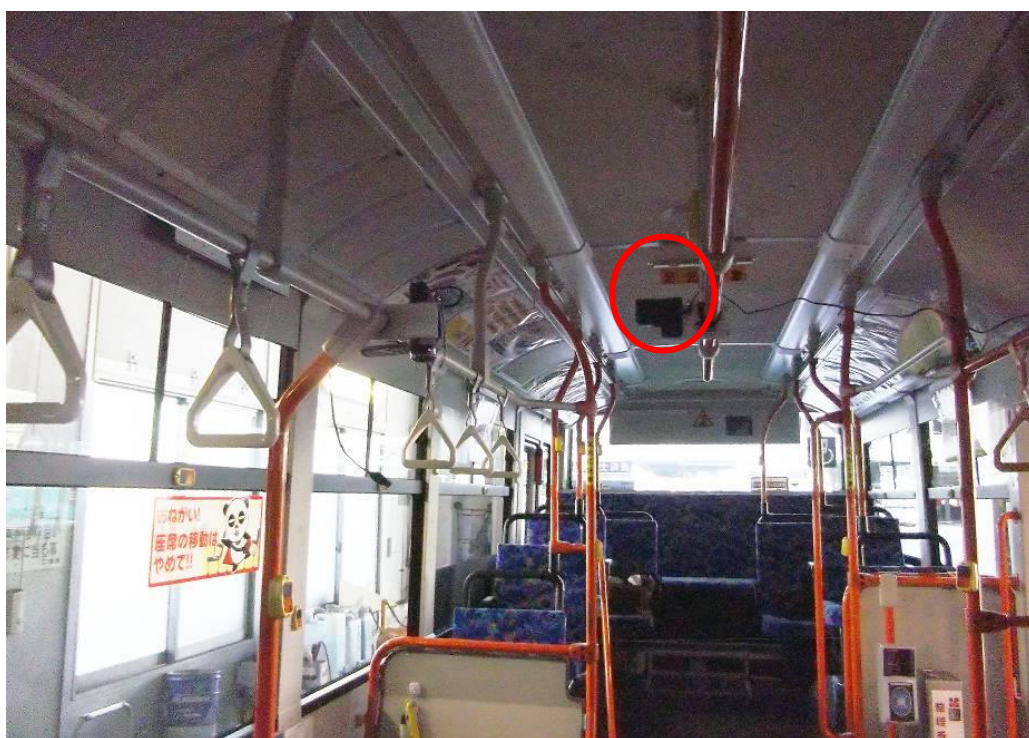


5) 加速度計

安全性の指標とする加速度は、図表 3-42 のように『車両（バス天井の手すり）』と『車椅子』『被験者の胸（座面から約 50cm）』に加速度計を取り付け、計測した。なお、加速度計には、位置も測定できるドライブレコーダーを用いた。また、車両の加速度計の前後位置は、車椅子と同じ位置とした。

ドライブレコーダーは計測機器ではない為、得られた数値は車両と車椅子の加速度を相対的に比較する資料として使用する

図表 3-42 車載ドライブレコーダー取付箇所



図表 3-43 実験に使用したドライブレコーダー

	メーカー：株式会社ユピテル 型番：BU-DRHD431 フレームレート：30コマ/秒 解像度：最大 1080P HD センサ：GPS、3軸Gセンサ
---	---

③実験方法

実験車両にジェットコースター型安全バーの試作品を固定し、被験者を載せた車椅子を簡易固定した状態で車両走行を行い、フル HD カメラでその様子を撮影・録画した。また、加速度は、実験車両と車椅子上に固定したテーブルと被験者の胸に取り付け、計測した。

実験項目の一覧を図表 3-44 に示す。車両速度は、0～60km/h。右左折、信号停止あり。道路交通法に遵守した走行内容とした。

図表 3-44 実験項目一覧

車両速度	ルート	実験車両	車椅子の種類	被験者
0～60 Km/h	千葉県 ①新習志野駅－幕張本郷駅 ②幕張本郷駅－マリンスタジアム 右左折、信号停止有	京成バス QSG-HL2ASAP	①JIS 標準型 ②アクティブ車椅子	男性 体重 70kg 身長 170cm

④実験結果の分析方法

車両走行データから、簡易固定の有効性と被験者の安全性を分析するため、主に以下の5つの視点から整理し検討を行った。

- 1) 車椅子がジェットコースター型安全バーから抜け出さないことについて
- 2) 車椅子の違いによる車椅子固定の有効性について
- 3) 加速度について（バスの加速度と車椅子、被験者）
- 4) 安全バーの高さについて
- 5) 車椅子固定の補助ベルトの取り付けについて（左右2本）

⑤実験結果の概要

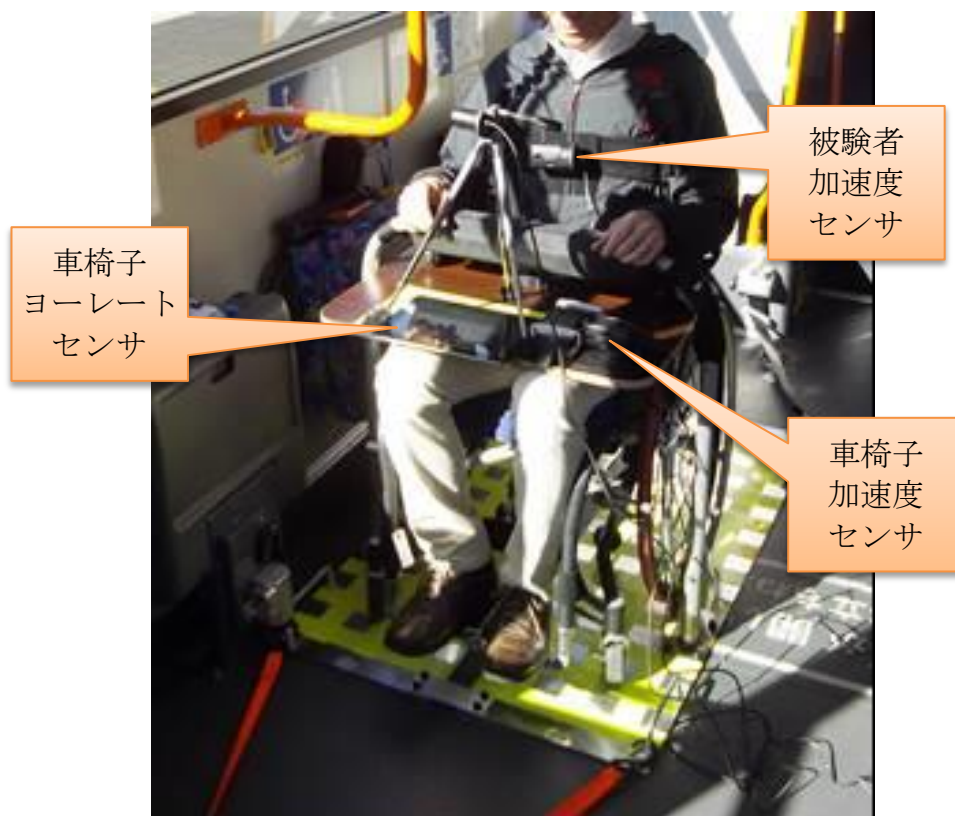
本実験の様子を図表 3-45～47 に示す。本実験で用いた走行地図を図表 3-48～49 に示す。

図表 3-45 標準型車椅子の装置固定

図表 3-46 アクティブ車椅子の装置固定



図表 3-47 実験車両へのジェットコースター型安全バーと車椅子固定状況



図表 3-48 走行ルート A 新習志野駅～幕張本郷駅



図表 3-49 走行ルート B 幕張本郷駅～マリンスタジアム

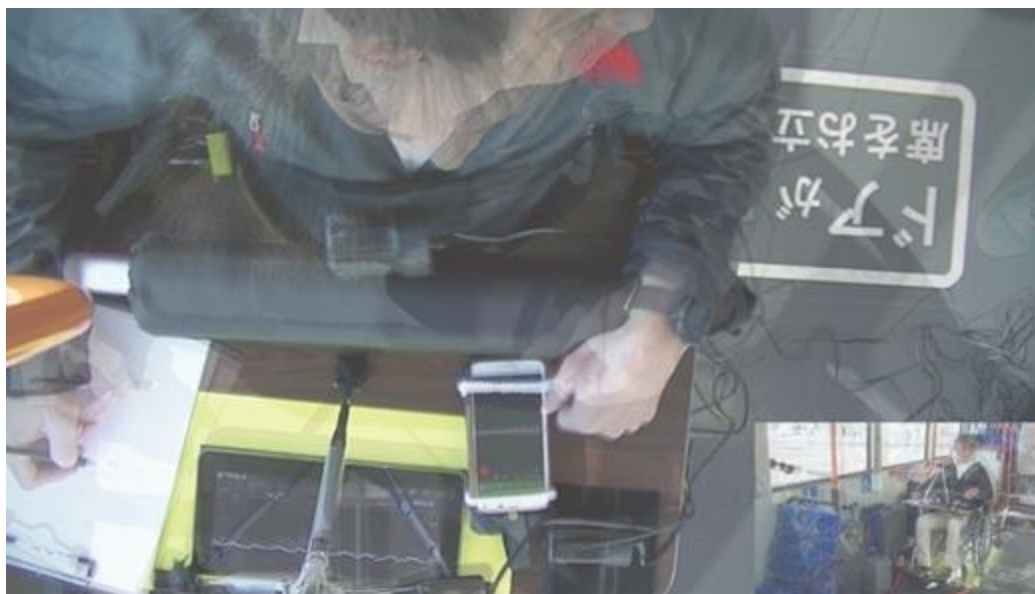


- 1) 車椅子がジェットコースター型安全バーから抜け出さないことについて
ア) JIS 標準型車椅子

安全バーと車椅子の固定を左右のフレームに行い、走行試験を行った。

発進や 90° 右左折、停止とも、車椅子の停車位置に変化は見られなかった。(図表 3-50)

図表 3-50 標準型車椅子の走行時の振れ軌跡



イ) アクティブ車椅子

安全バーと車椅子の固定を左右のフレームに行い、走行試験を行った。

発進や90° 右左折、停止とも、車椅子の停車位置にほとんど変化は見られなかった。(図表 3-51) 始発バス停から最終までのずれは、前後方向のみ約 2cm であった。

図表 3-51 アクティブ車椅子の走行時の振れ軌跡



2) 車椅子の違いによる車椅子固定の有効性について

予備実験の結果より、キャストから車椅子先端の距離が短いアクティブ車椅子の方が条件は悪い結果であったが、本実験では、標準型車椅子とアクティブ車椅子とも、ほとんど動かず、どちらに対しても有効であった。

3) 加速度について

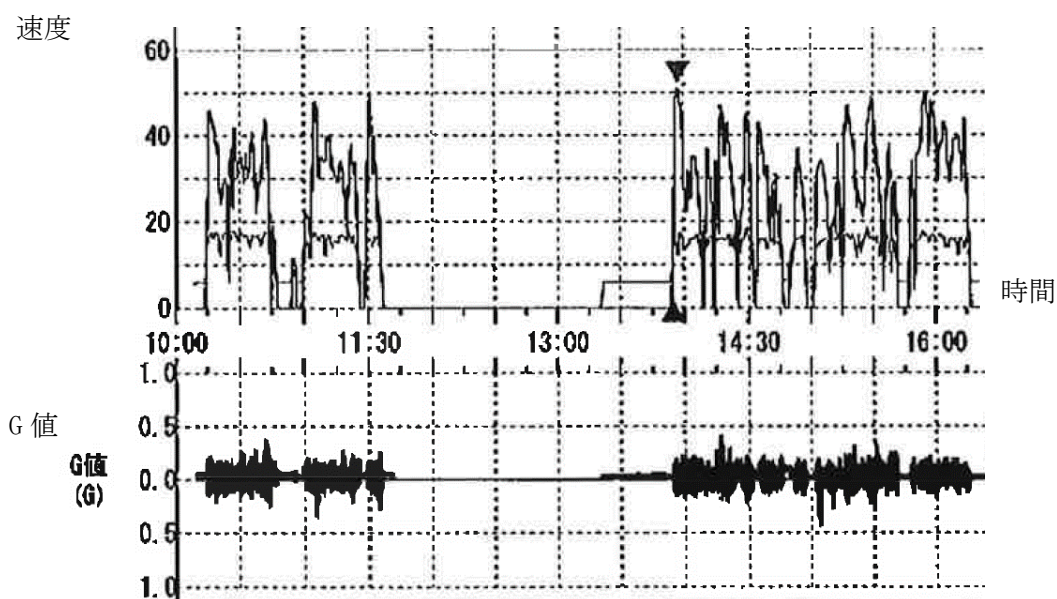
ア) JIS 標準型車椅子

X 加速度（前後）、Y 加速度（左右）、Z 加速度（上下）とも、バス車両と車椅子の加速度は、バス車両（バス内手すり取付）と比較して相対的に車椅子の方が小さい値を示したため、車椅子は安全に固定されていると言える。また、車椅子と被験者を比較しても、大きな差はなかった。

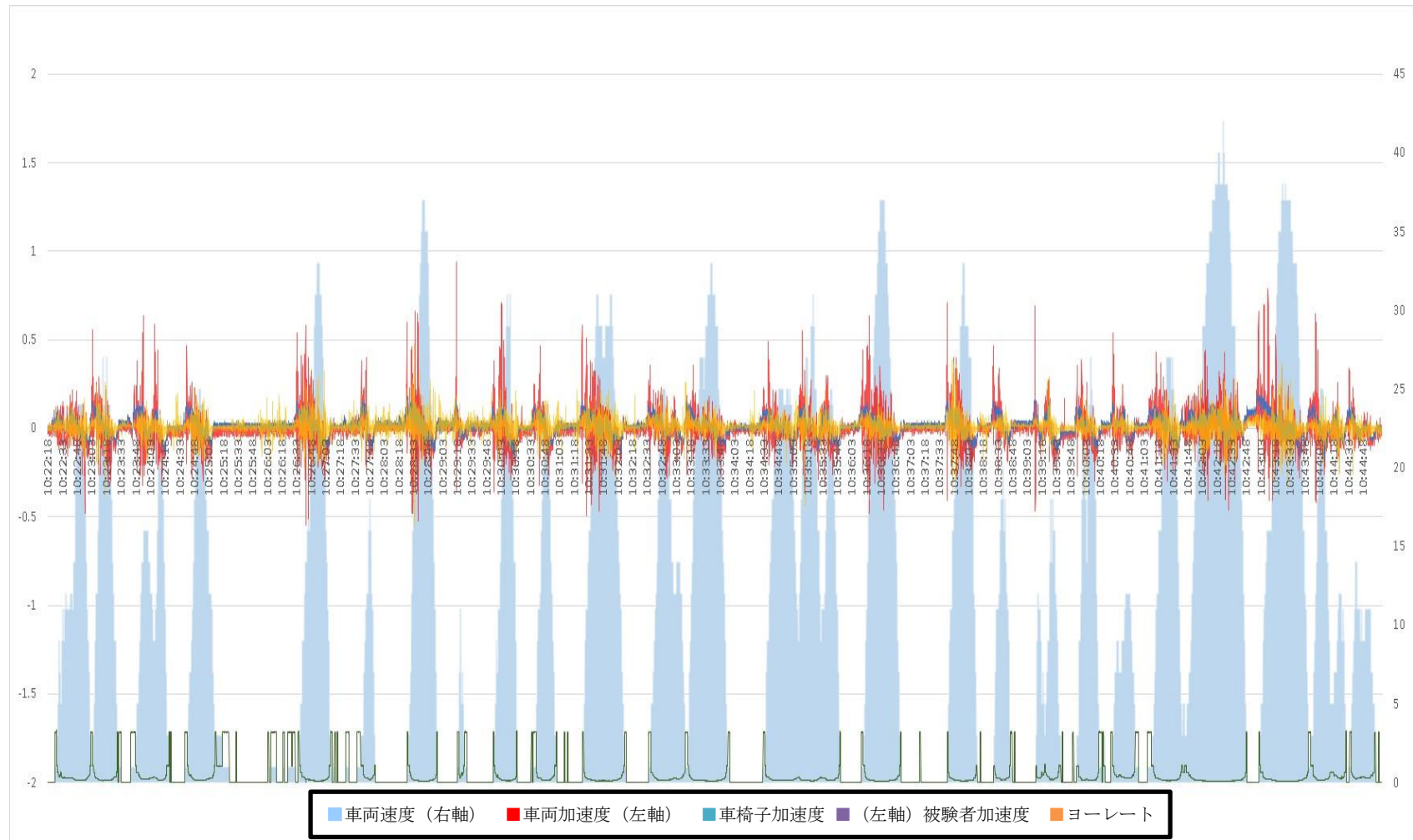
走行中に、車椅子補助ベルトにテンションがかかることもなかった。

バス車両の Y 加速度が大きな値を示したが、車両搭載ドライブレコーダー(図表 3-52)は、通常運行と同じ数値を示していたため、本実験で加速度センサを取り付けた手すりのしなり等が影響した可能性がある。

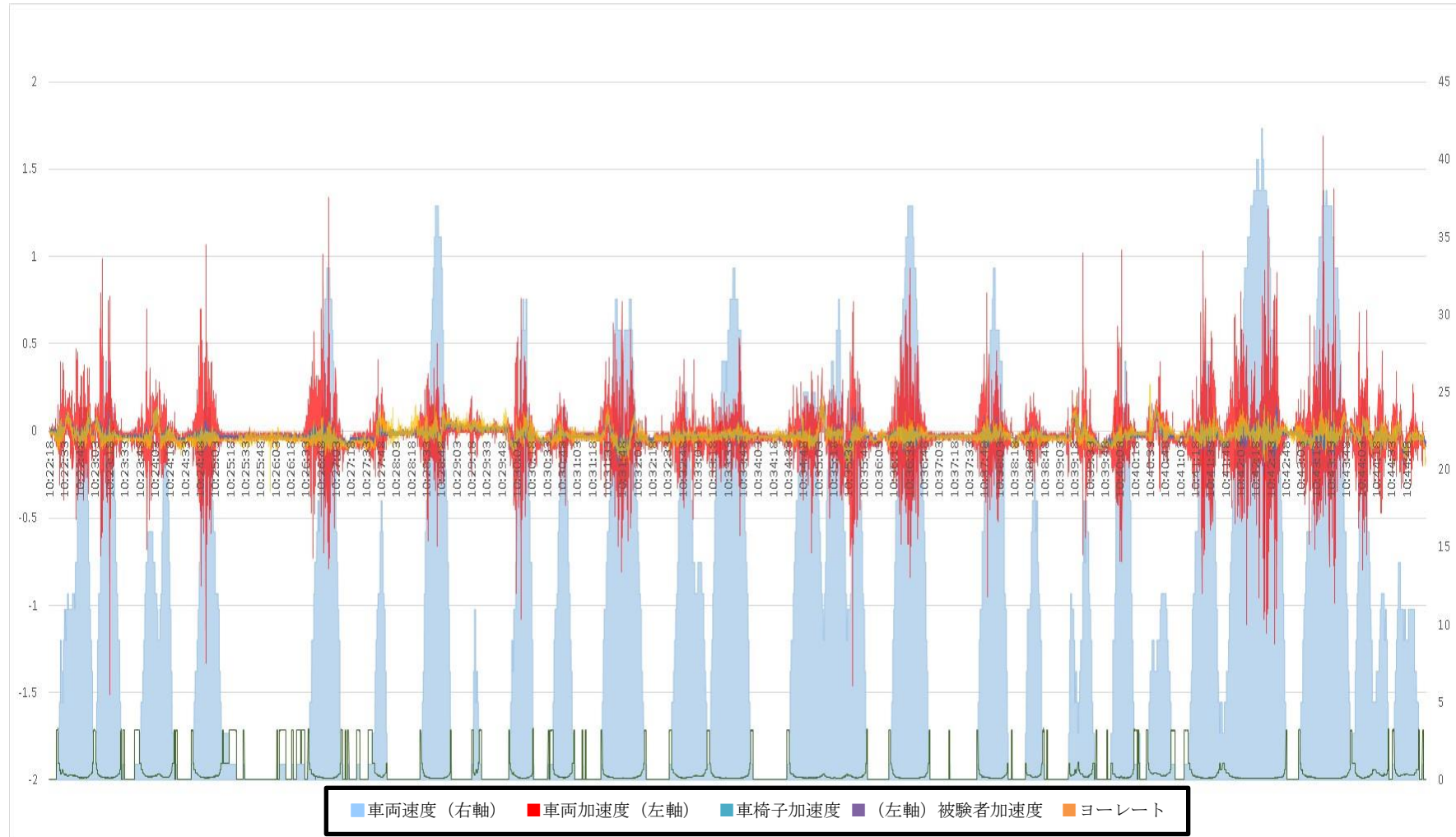
図表 3-52 バス搭載のドライブレコーダーデータ（提供：京成バス）



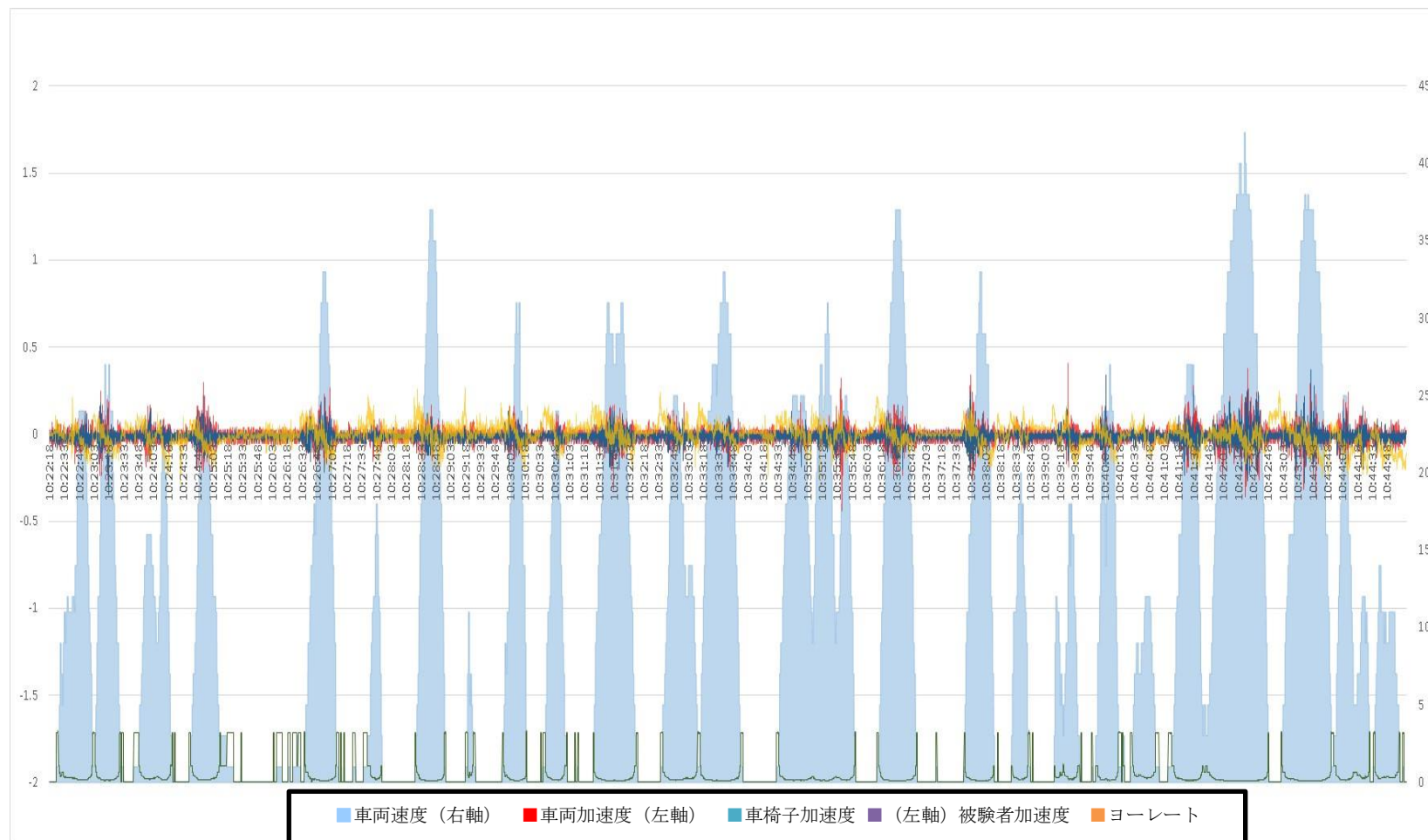
図表 3-53 ルート A 車両と標準型車椅子 X 軸加速度と速度・ヨーレートの相対比較



図表 3-54 ルート A 車両と標準型車椅子 Y 軸加速度と速度・ヨーレートの相対比較



図表 3-55 ルート A 車両と標準型車椅子 Z 軸加速度と速度・ヨーレートの相対比較



イ) アクティブ車椅子

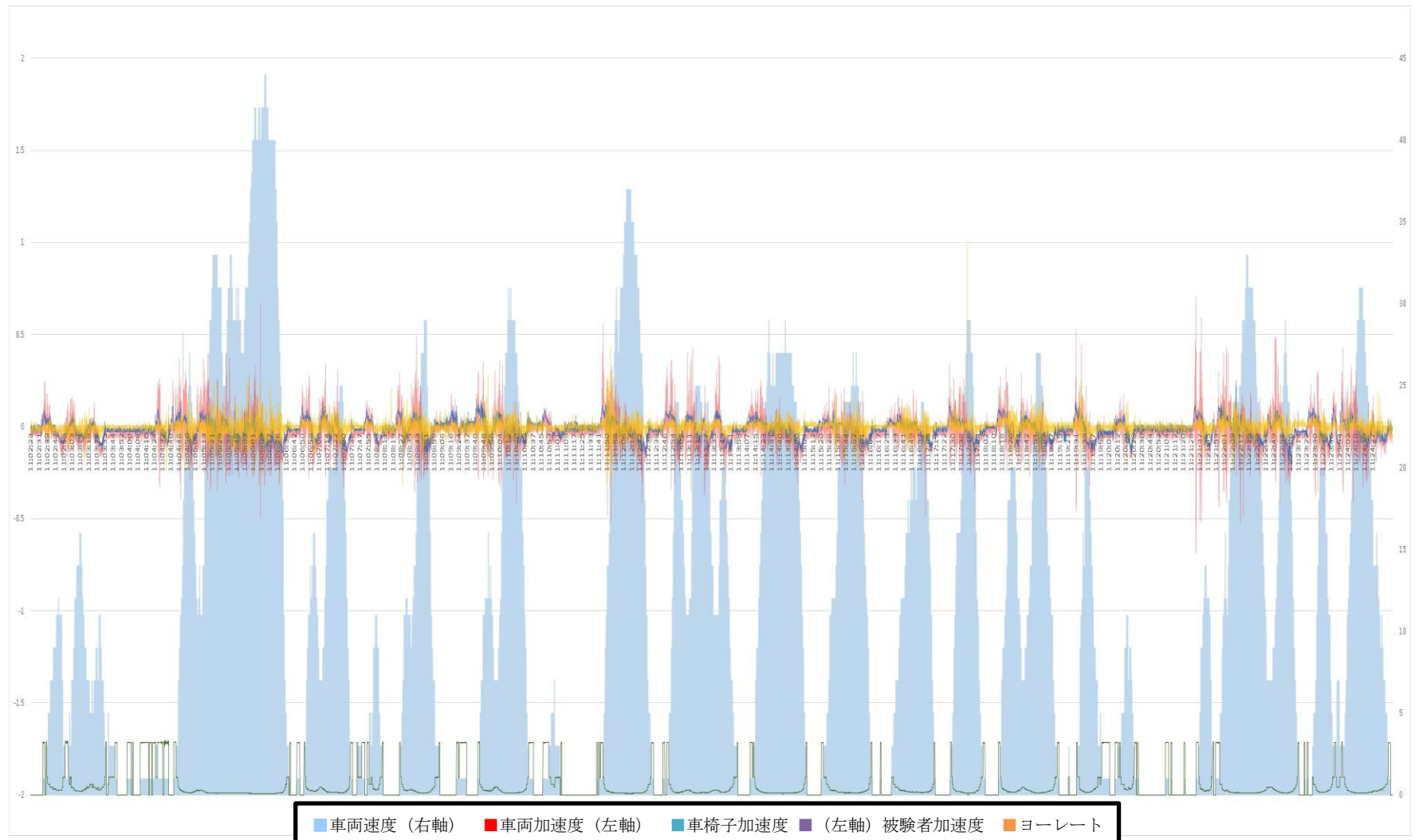
X加速度（前後）、Y加速度（左右）、Z加速度（上下）とも、バス車両と車椅子の加速度は、バス車両（バス内手すり取付）と比較して相対的に車椅子の方が小さい値を示したため、車椅子は安全に固定されていると言える。また、車椅子と被験者を比較しても、大きな差はなかった。

走行中に、車椅子補助ベルトにテンションがかかることもなかった。

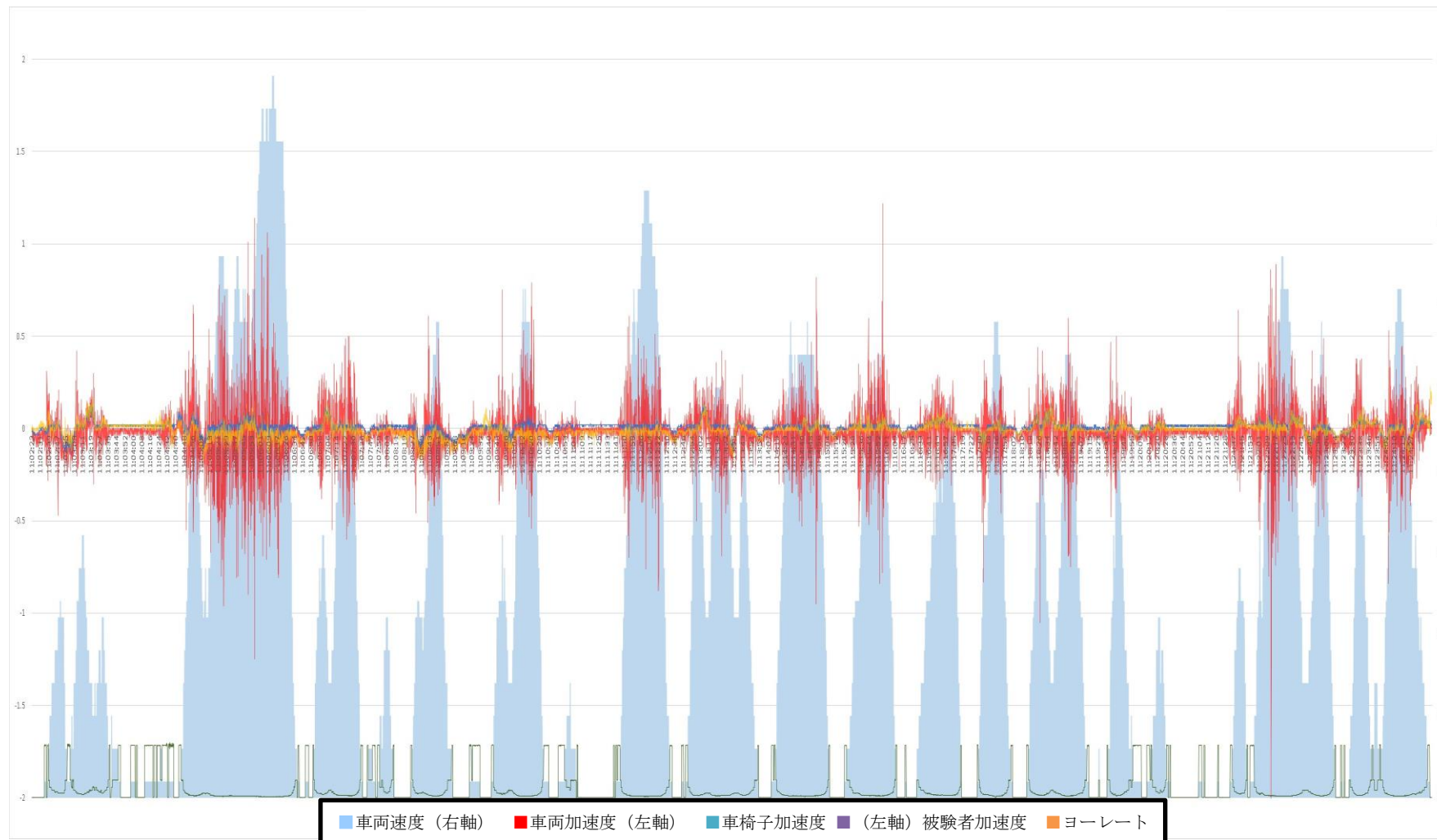
バス車両のY加速度が大きな値を示したが、車両搭載ドライブレコーダー(図表3-52)は、通常運行と同じ数値を示していたため、本実験で加速度センサを取り付けた手すりのしなり等が影響した可能性がある。

結果、JIS標準型車椅子とほぼ同様の結果となった。

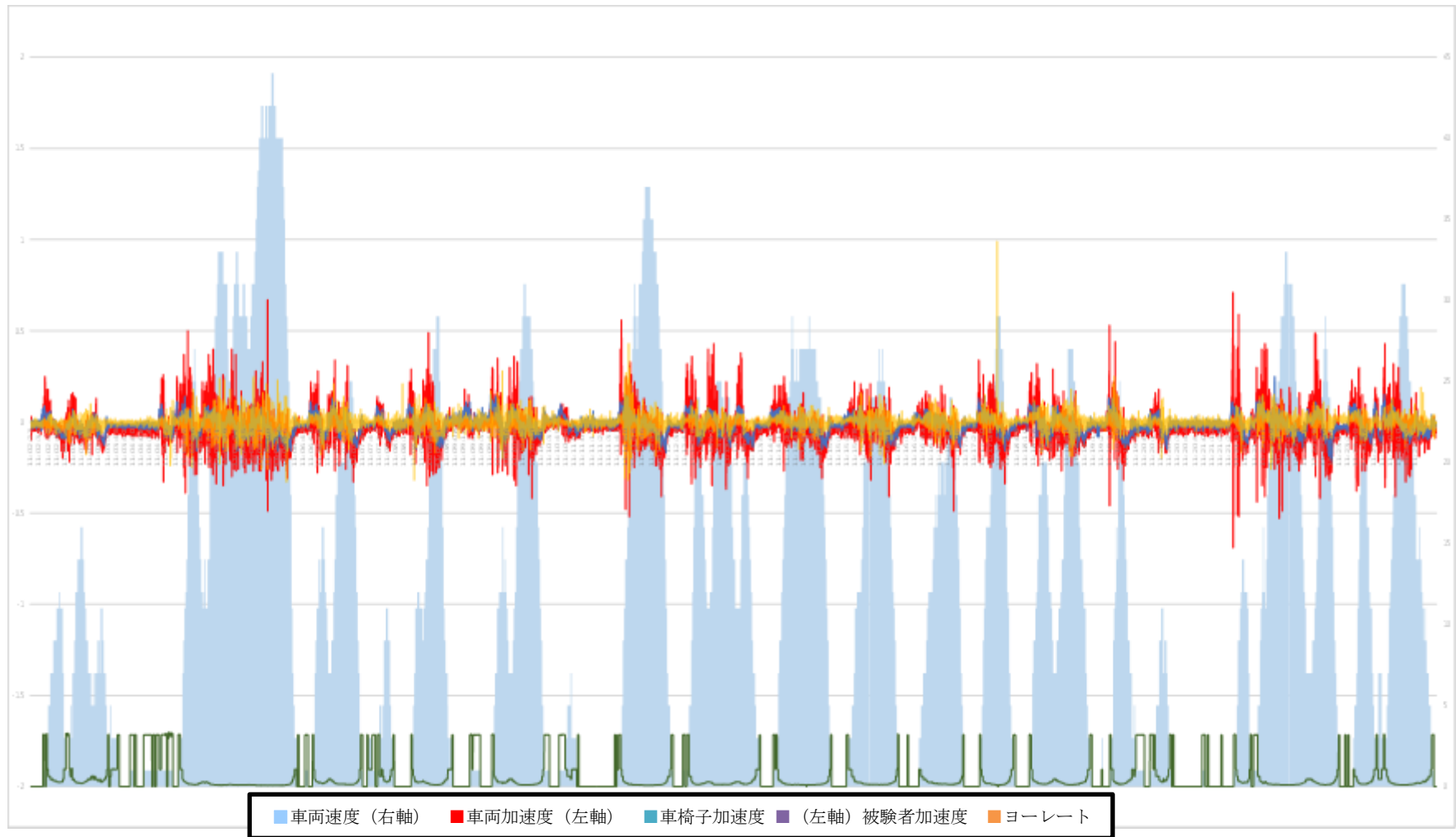
図表 3-56 ルート A 車両とアクティブ車椅子 X 軸加速度と速度・ヨーレートの相対比較



図表 3-57 ルート A 車両とアクティブ車椅子 Y 軸加速度と速度・ヨーレートの相対比較



図表 3-58 ルート A 車両とアクティブ車椅子 Z 軸加速度と速度・ヨーレートの相对比较



4) 安全バーの高さについて

安全バーは、海外対応も含め、パッド上部で84cmに設定し、実験を行った。

結果、被験者を用いた試験においても、JIS標準型車椅子とアクティブ車椅子のいずれも固定に問題は見られなかった。本実験は、被験者の胸とパッドの間隔を10cmに設定し行った。始発停留所から終着停留所間で、車椅子は2cmほど前方へ移動したが、被験者の胸とパッドが接触することはなかった。

図表 3-59 バー高さ

	パッド上部	パッド下部
ア) 海外の車椅子対応	84cm	79cm
イ) 日本の車椅子対応	74cm	69cm

5) 車椅子固定の補助ベルトの取り付けについて

ア) JIS標準型車椅子

車椅子補助ベルト2本を、安全バーの左右それぞれから車椅子のバックサポート(背)フレームに固定して実験を行った。JIS標準型車椅子では問題はなかった。

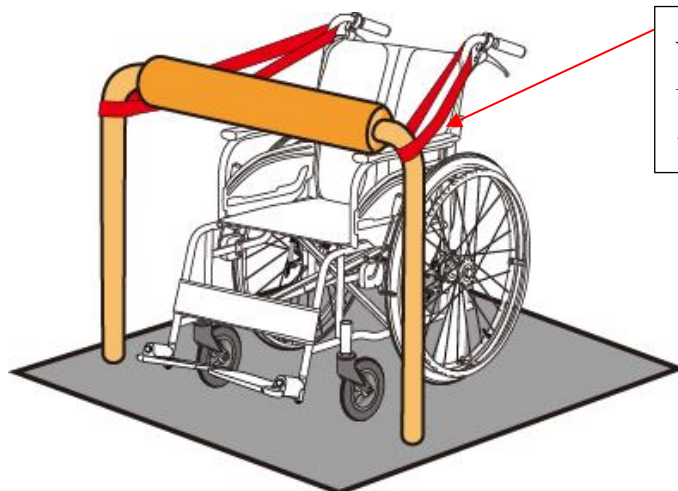
補助ベルトは、車椅子が後方へ移動しないようにする目的で使用し、終始たるんだ状態であった。

イ) アクティブ車椅子

車椅子補助ベルト2本を、安全バーの左右それぞれから車椅子のバックサポート(背)フレームに固定して実験を行った。アクティブ車椅子では問題はなかった。

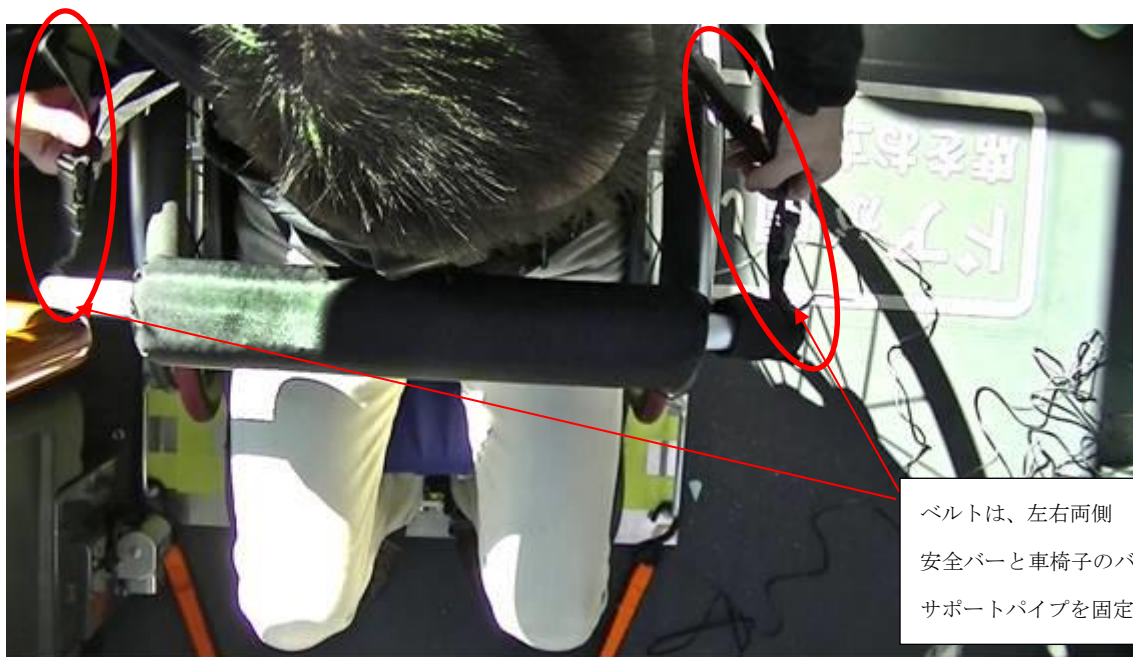
補助ベルトは、車椅子が後方へ移動しないようにする目的で使用し、終始たるんだ状態であった。

図表 3-60 ベルト固定イメージ



ベルトは、安全バーと車椅子のバックサポートパイプを固定

図表 3-61 本実験時のアクティブ車椅子のベルト固定



ベルトは、左右両側安全バーと車椅子のバックサポートパイプを固定

※この実験では、公道において通常のバス運行状態で無理のない車両走行「発進」「右折」「左折」「停止」を行った。路面状況や交差点の状況、カーブの大きさ等での違いは検討していない。しかし、駅前のロータリーなど転回場面でも車椅子はほとんど動くことはなかった。

・補助ベルトの固定について

本実験では、プラスチック式バックルの補助ベルトを用いたが、固定をさらに容易に行うために、『自動巻き取り式シートベルト+カーバックル式』『シート

ベルトガイドを用いて、前後位置を調整できるようにする』『車椅子を人ごと巻き付けて固定する』方法なども考えられる。

- ・固定後の利用者の意思表示について

安全運行のために、利用者自身が運転士に固定が完了したことや、支援が必要なことを知らせる仕組みもあったほうが良いと考えられる。固定が完了したことを知らせる『完了ボタン』。支援が必要なことを知らせる『Helpボタン』等。

基本的に、ジェットコースター型安全バーは、支援なしでバスに乗り込める手動車椅子利用者をターゲットとしているが、『初めての利用者』『補助ベルトを取り付けられない利用者（指が不自由・こぐことはできるが上肢が不自由）』にも対応でき、運転手の工数を減らすことができる。

6) 本実験の考察

本実験の結果より、バス車両内では、ジェットコースター型安全バーを用いて車椅子を簡易固定することが可能であった。また、加速度は、車両と相対比較して車椅子と被験者の方が小さい値を示した。予備実験で使用した1BOXカーよりも本実験で使用したバスの方が加速度の面では条件が良いことも分かった。

得られた結果より、バス走行時の前後左右方向の加速度は、『通常走行』では車両と車椅子と被験者が同調していることが分かった。『急発進や急ブレーキ、急転回』では、ジェットコースター型安全バーにもたれかかっていたら、通常走行と同じように加速度は同調している。また、車椅子補助ベルトは、ジェットコースター型安全バーと体の隙間を10cmに設定し、たるませて車椅子を固定した。車椅子がほとんど動かなかったため、通常走行時においては、車椅子補助ベルトは作用していないことが判った。しかし、事故等での斜め力が加わった際の動きを抑制するために、左右どちらか1本の車椅子補助ベルトはあるほうが望ましい。(バス車両右側への固定には右側の補助ベルトのみ、バス車両左側の固定には左側の補助ベルト)これは、予備実験の結果からも言える。

以上の結果より、バス車両を用いた本実験でもジェットコースター型安全バーが有効であることが言える。

(3) 実用化に向けた課題

本実験の結果より、ジェットコースター型が有効であることは検証できた。しかし、実用化にあたっては、まだまだ課題があり、対応が必要である。

・すべての車椅子利用者への対応

ジェットコースター型安全バーの対象者は、自立した手動車椅子の利用者であるが、JIS規格より大型な車椅子・電動車椅子・介助が必要な利用者など、すべての車椅子利用者に対応するため、現状では3点固定方式との併用が望ましい。

・折り畳み椅子の運用方法と折り畳み時のコンパクト化

①運用方法

車椅子利用者自身が固定を行えるようにするためには、折り畳み椅子を常閉にするなど検討が必要である。または、車椅子利用者でも簡単に折り畳める椅子も考えられる。

②コンパクト化

バス車両に、2台以上の車椅子搭載を考えた場合、車椅子同士のすれ違いは考慮しておく必要がある。通路幅をなるべく広く取る為にも、折り畳み椅子の折り畳み時のコンパクト化は必要と考えられる。

・ノンステップ認証

現在、多くのバスがノンステップ認証（以下 NS 認証）として補助金を受けているが、NS 認証を受けるには車椅子の3点固定方式が条件となる。バスの条件等で基準緩和も含めて検討する必要がある。

・ジェットコースター型安全バーの取り付け位置

1台のバスに2台以上の車椅子を搭載できる事が必要なため、安全バーの取り付け位置を工夫する必要がある。安全バーの取り付け位置の工夫次第では、現在のスペースに3台搭載可能となる。『壁収納式の折り畳み安全バー』や『床レール式の移動安全バー』等の仕組みも考えられる。

・ジェットコースター型安全バーの強度

通常走行時は、バス車両内の手すりと同様の力しかかからない。一般乗客の立位時の腰掛等と併用するなど、ユニバーサルデザインとして考慮する場合は、用途によって強度要求を取り入れるほうがよい。

・ジェットコースター型安全バーが他の乗客に及ぼす影響

安全バーが他の乗客にとって邪魔になったり、安全バーにつまづいて怪我をしたりしないようバーを視認性の高い色のゴム素材等で覆うなどの工夫が必要である。そのためにも、安全バーは角度をつけずに、床面から直角に取り付けるほうがよい。安全バーを可倒式にする場合は、収納時に倒れてこないようにするなど、安全性を担保する必要がある。

・法律的な課題

平成 18 年 12 月にバリアフリー新法（高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律）が施行されたことを受け、公共交通機関の旅客施設・車両等、また旅客船をバリアフリー化するための望ましい整備内容等を示すガイドラインが策定されたが、バリアフリー整備ガイドライン（車両等編）の第 4 部、91 ページに下記の記述がある。

①車椅子固定装置

- ・前向き乗車の場合は、3 点ベルトにより車椅子を床に固定する。
また、固定装置付属の人ベルトを装着する

②乗務員の接遇、介助

- ・車椅子の固定、介助、人ベルトの着脱は、乗務員の適切な接遇・介助によって行う。

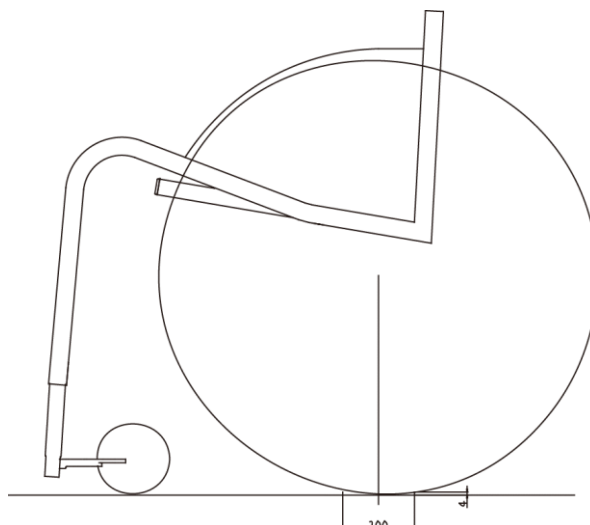
ジェットコースター型安全バーのみだと、このガイドラインに抵触してしまう。ガイドラインに、『安全ベルトに代わり得る手すり（安全バー等）の開発が望ましい』と記載があるように、『安全ベルトに代わり得る手すり（安全バー）』の考案によって、バスの要件も考慮した基準緩和の検討も必要と思われる。また、車椅子の固定に関しても、利用者自身で可能なことも盛り込むほうが良い。

・その他の要素（自動スロープ等）

車椅子利用者が運転士の介助なしに乗車するには、自動スロープなど、車椅子利用者が 1 人で、車椅子エリアまで移動できる仕組みが必要。また、条件次第ではスロープを使わずにバス前方の入り口から乗車可能である。

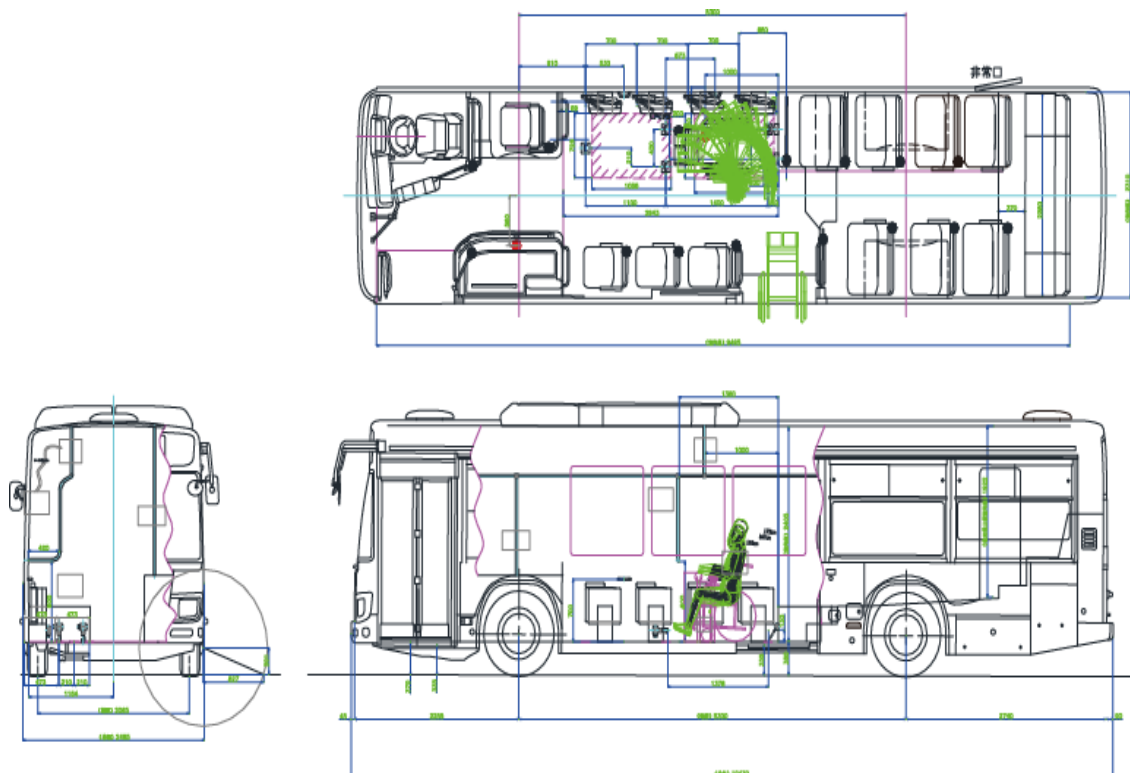
- ・自動スロープの活用
- ・バスのバス停留所への正着
- ・停留所とバス床面の段差 4cm 以内 ※1 国民生活センターによる「自走用手動車椅子の安全性を考える」より
- ・停留所とバスの隙間 100mm 以内（車椅子後輪径換算で段差 4mm 相当）[図表 3-62]

図表 3-62 車椅子主輪（タイヤ外径 595mm）100mm 幅溝落ち込みイメージ

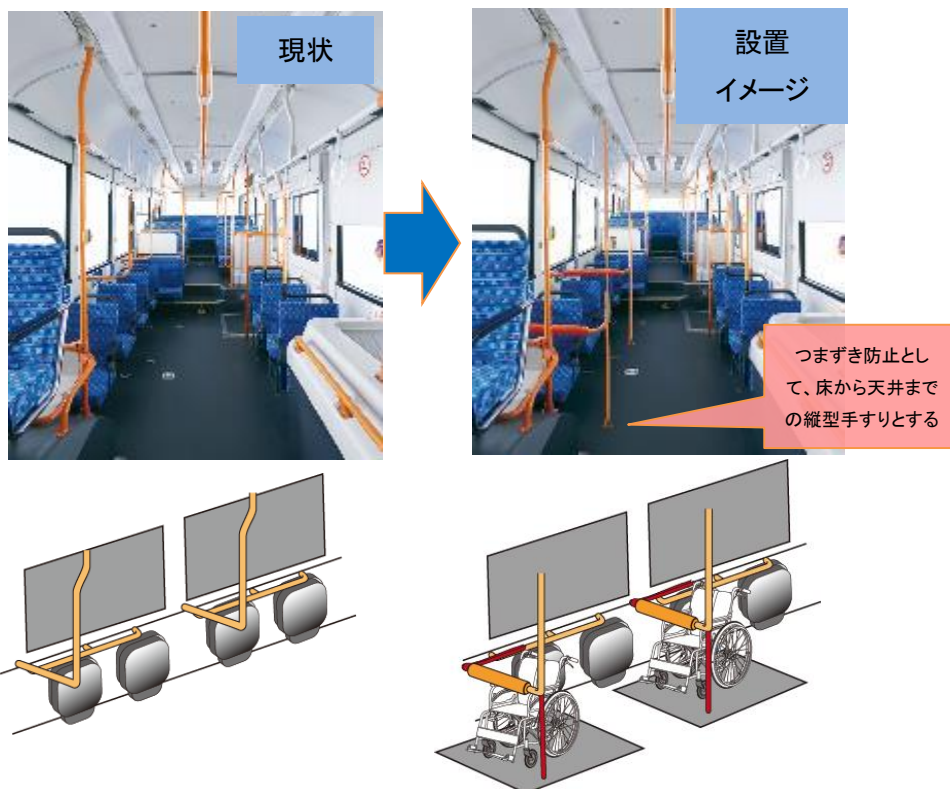


さらにスムーズな運行を目指すために、車椅子利用者自身が決済できる運賃收受の仕組みや、乗車前に介助が必要かを事前に運転士に知らせる仕組みが必要と考えられる。

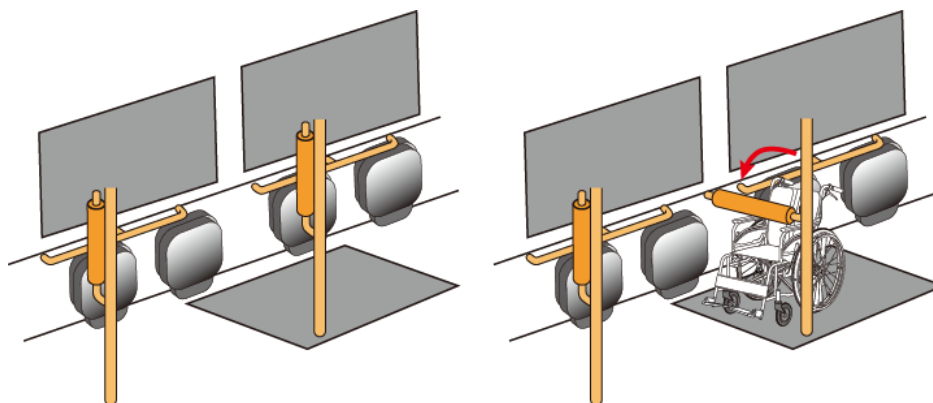
図表 3-63 バス車両内の動線・固定イメージ



図表 3-64 参考：据え置き式ジェットコースター型安全バーイメージ

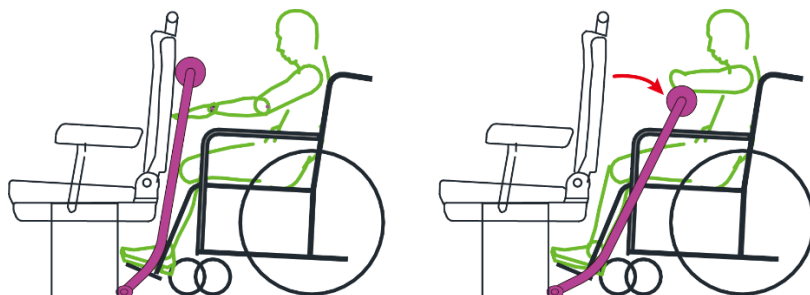


図表 3-65 参考：跳ね上げ収納ジェットコースター型安全バーイメージ

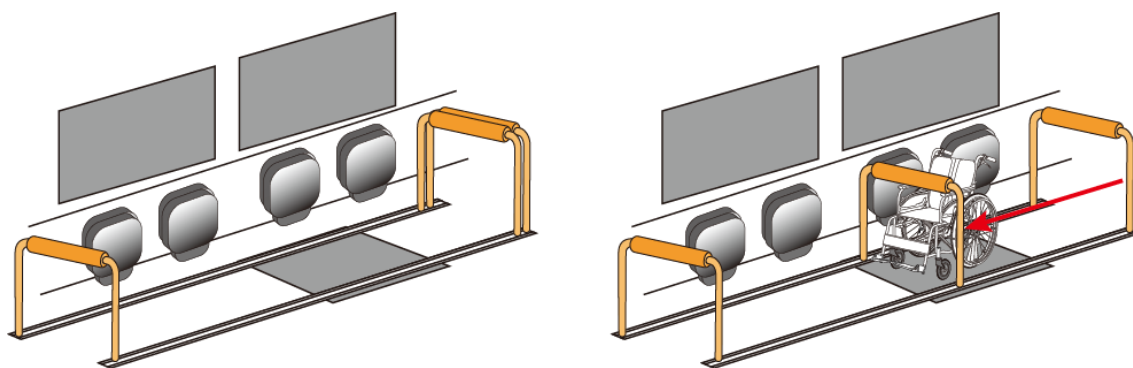


縦手すりは、立ち乗り乗客用の握りにもなる。

図表 3-66 参考：収納式ジェットコースター型安全バーイメージ



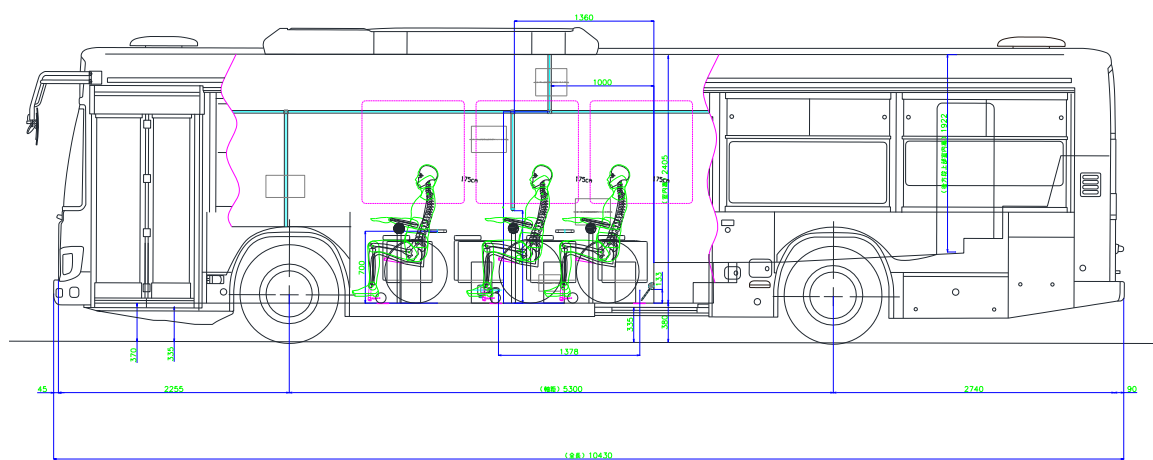
図表 3-67 参考：前後レール移動式ジェットコースター型安全バーイメージ



図表 3-68 参考：車椅子 3 台直列収容イメージ①



図表 3-69 参考：車椅子 3 台直列収容イメージ②



現行の 2 台のスペースは、アクティブ型では、3 台収容可能。

図表 3-70 参考：バス定着時のバス停とスロープ使用イメージ（後方乗降口）



ニーリング時、傾斜 5° であれば、車椅子利用者が移動できる

図表 3-71 参考：自立車椅子利用者が自身で搭乗できる前方乗降口のイメージ



隙間、高さともにほとんどなく、車椅子利用者が通ることができる。

要：車椅子の操作[キャスターアップ（ウイリー）]

3. 2. チャイルドシートやミニバン等の格納式座席と類似な方式もしくは全く新しい発想に基づく簡素な固定脱着方式の検討

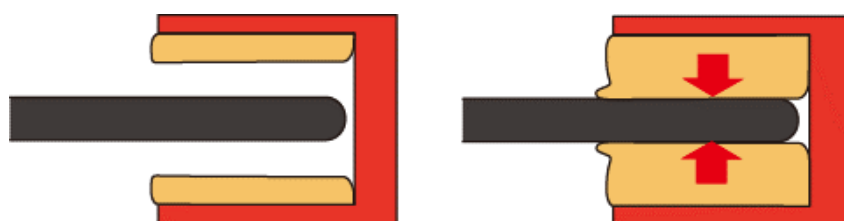
チャイルドシートやミニバン等の格納式座席と類似な方式については、昨年度の「公共交通の乗降時間短縮に係る調査」内容を踏まえて机上検討・シミュレーションなどの検討を行った。また、全く新しい発想に基づく固定脱着方式の検討も行った。

①エアバック式固縛装置（図表 3-72）

エアバックにより、車椅子の車輪の片側を左右から挟み込み、固定する方式。

『コ』の字装置の中に車椅子のタイヤを挿しこみ、固定ボタンを押す。エアバックが膨らみ、車椅子をつかむ。この装置で車椅子の片側（バスの壁側）の車輪を固定する。機械式に比べ、幅が広いタイヤから細いタイヤや凹凸があるものまで対応することができる。また、前後の力に対応でき、左右の力には、車椅子補助ベルト（バス壁側の1本）を利用する。課題は、車椅子利用者が自身で操作する為の機械式の仕組みや耐久性、車椅子と利用者のシートベルトの準備等などが挙げられる。

図表 3-72 タイヤ挟み込み型エアバック式固縛装置イメージ



図表 3-73 エアバック式固縛装置の机上評価

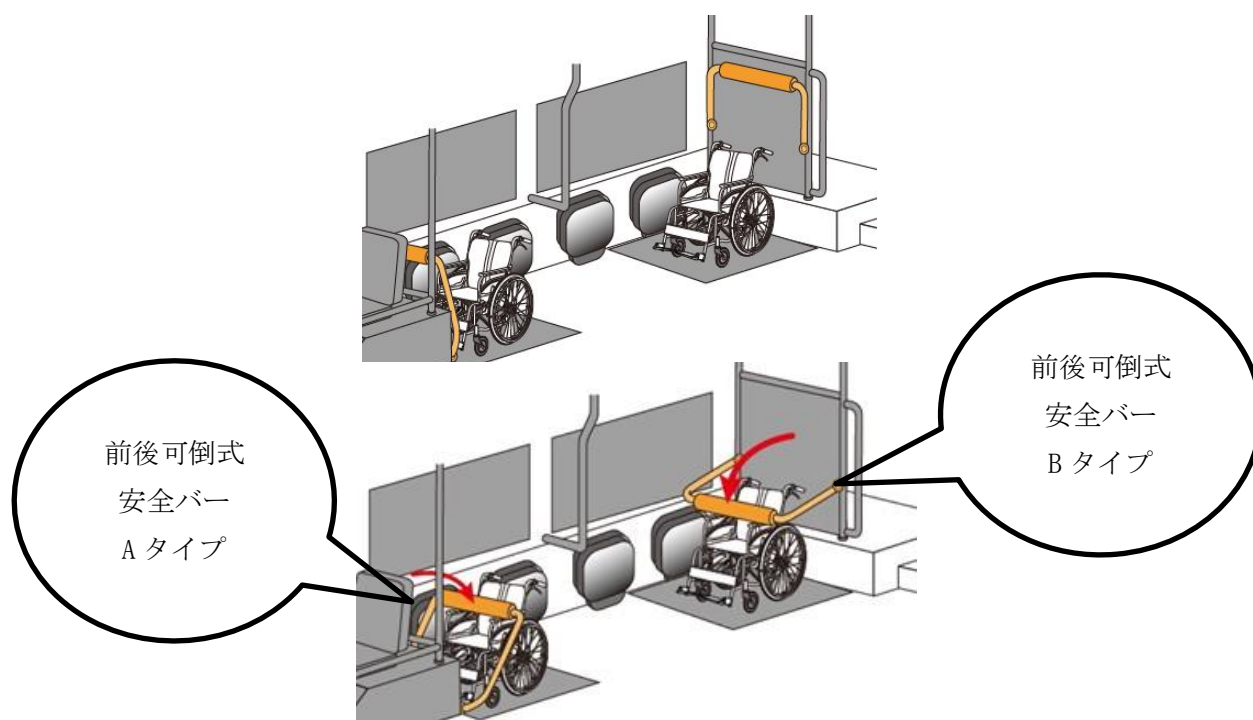
確認項目	有効性 (ジェットコースター型と比較)	課題
バス内のスペース要件	劣	機械装置の設置で、椅子を削減しなければならない可能性がある。
移動動線の長さ	同様	
車椅子利用者自身で固定可能か	優	操作スイッチを利用者側に設置等必要
複数台搭載可能か	劣	すれ違い等には、装置の小型化が必要
乗降短縮効果	同様	
導入コスト	劣	装置の小型化を含め、ジェットコースター型よりもコストはかかる。
バスへの後付	劣	床との固定・配線等必要。
車椅子の種類	優	車椅子車輪を左右から挟み込む方式の為、多くの車椅子の種類に対応できる。
利用者対応	優	ボタン操作ができる利用者まで対応幅を広げることができる。
車椅子利用者の安全性	劣	シートベルトを併用し、利用者の安全を確保する必要がある。
他の乗客に与える影響	劣	つまずき等
事故時等の緊急脱出	劣（条件次第）	機械式の為、装置の工夫が必要
他		エア管理や回数など対応年数が課題 事故時の緊急脱出の想定が必要

②前後可倒式安全バー式

車椅子が固定エリアからでないように、可倒式バーを取り付け、車椅子の動きを抑制する。

条件：本実験より、急発進を想定しないため、車椅子が後方へ移動することはない。
ジェットコースター型の発展形である。

図表 3-74 前後可倒式安全バーイメージ



図表 3-75 前後可倒式安全バーの机上評価

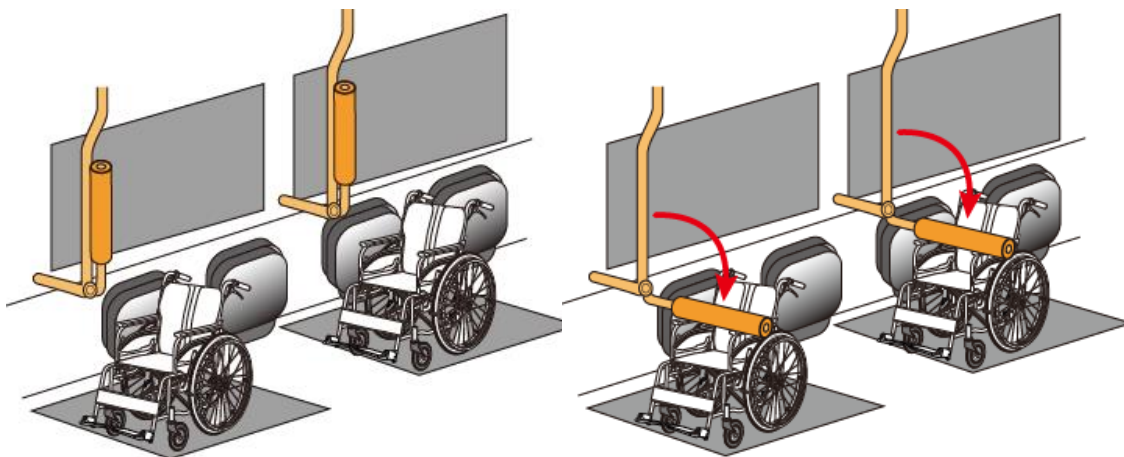
確認項目	有効性 (ジェットコースター型と比較)	課題
バス内のスペース要件	同様	
移動動線の長さ	同様	
車椅子利用者自身で固定可能か	同様	
複数台搭載可能か	可 (最大 3 台)	直列 3 台 (1 列目：後ろ向き、 2 列目：前向き、3 列目：前向き)
乗降短縮効果	同様	2 台目までは同様
導入コスト	同様	
バスへの後付	同様	手すりの活用
車椅子の種類	同様	
利用者対応	同様	
車椅子利用者の安全性	劣	横方向の固縛に関しては、縦の安全バーがない為、劣る。
他の乗客に与える影響	優	足元に装置がない為、つまずき等の危険はない。 可倒式のジョイント部への挟み込み等の防止は必要。
事故時等の緊急脱出	同様	機械式でなければ可能
課題		手すりのジョイント等工夫が必要。

③可倒式サイドバー

車椅子がエリア内から出ないように、バス内の縦手すりから可倒式のサイドバーを降ろし、拘束する。

本実験の結果より、前方の安全バーと車椅子固定補助ベルトのみの最小限に絞ったシンプルな構造。

図表 3-76 可倒式サイドバーイメージ



図表 3-77 可倒式サイドバーの机上評価

確認項目	有効性 (ジェットコースター 型と比較)	課題
バス内のスペース要件	同様	
移動動線の長さ	同様	
車椅子利用者自身で固定可能か	同様	
複数台搭載可能か	同様 (最大3台)	折り畳み椅子のコンパクト化が課題
乗降短縮効果	優	壁面に安全バーを倒すのみの構造
導入コスト	不明	壁面の強度など課題有
バスへの後付	不可	バス壁面・手すりの強度問題
車椅子の種類	劣	手すりの片持ち構造の為、車椅子利用者と車椅子の重量に制限が出る。
利用者対応	劣	上記同様
車椅子利用者の安全性	同様	
他の乗客に与える影響	同様	可倒式のジョイント部への挟み込み等の防止は必要。
事故時等の緊急脱出	同様	可能
課題		壁面と手すりの強度UPが必要。

④ Quantum Securement Station (Q' Straint 社)

現在の最新の後ろ向き車椅子固定装置「Quantum Securement Station」

25 秒以内で車椅子利用者自身が固定できるというコンセプトを持っている。スイッチ操作により、車椅子利用者自身で固縛することもでき、運転士側での操作に切り替えるなど、操作性は柔軟に対応できる。

図表 3-78 安全と固定と解放が、シンプルな 3 ステップの操作で可能



STEP1	STEP2	STEP3
乗客の車椅子を背もたれの中心に配置し、ボタンを押すと自動でロックが開始される。	車椅子を固定し、移動中も必要に応じて固定力を継続的に調整する。	目的地に到着した時、乗客はロック解除ボタンを押し、自動で解除される。

図表 3-79 「Quantum Securement Station」の机上評価

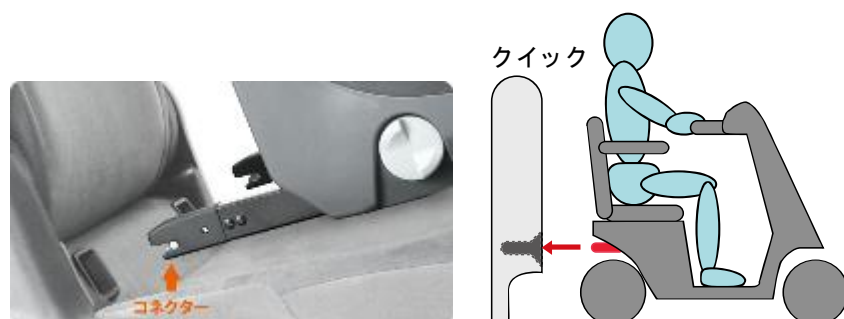
確認項目	有効性 (ジェットコースター型と比較)	課題
バス内のスペース要件	劣	機械装置の設置で、椅子を削減しなければならない可能性がある。
移動動線の長さ	同様	
車椅子利用者自身で固定可能か	優	操作スイッチを利用者側に設置等必要
複数台搭載可能か	劣	2 台目は 3 点固定 折り畳み椅子のコンパクト化が必要
乗降短縮効果	同様	
導入コスト	劣	ジェットコースター型よりもコストはかかる。
バスへの後付	劣	床・壁との固定・配線等必要。
車椅子の種類	優	車椅子を左右から挟み込む方式の為、多くの車椅子の種類に対応できる。
利用者対応	優	ボタン操作ができる利用者まで対応幅を広げることができる。
車椅子利用者の安全性	劣	シートベルトを併用し、利用者の安全を確保する必要がある。
他の乗客に与える影響	劣	座席が減る。危険性等はないと考える。
事故時等の緊急脱出	劣 (条件次第)	機械式の為、破損しなければ可能
他		メンテナンス等、日本への対応が課題 事故時の緊急脱出の想定が必要

⑤ ISOFIX 型固定装置

チャイルドシートの ISOFIX 型の車椅子固定装置である。

前向きもしくは後ろ向き乗車で使用する。車椅子（電動含む）にアタッチメントを取り付け、専用装置に差し込み固定する。車椅子利用者自身が固定と解除を行えるようにするため、機械的な制御装置と解除ボタンを設置する必要がある。車椅子側に取り付けたアタッチメントをバス車両内の固定装置が認識し、センサで位置合わせ後に固縛する仕組み。手動車椅子から電動車椅子まで幅広く対応可能。既存バスへの設置に関しては、追加装置となる為、比較的容易である。課題として、車椅子側にアタッチメントが必要なことが挙げられる。アタッチメントを装着していない車椅子への対応の為、3点固定方式やその他の方式との併用を検討する必要がある。

図表 3-80 ISOFIX 型固定装置



図表 3-81 ISOFIX 型固定装置の机上評価

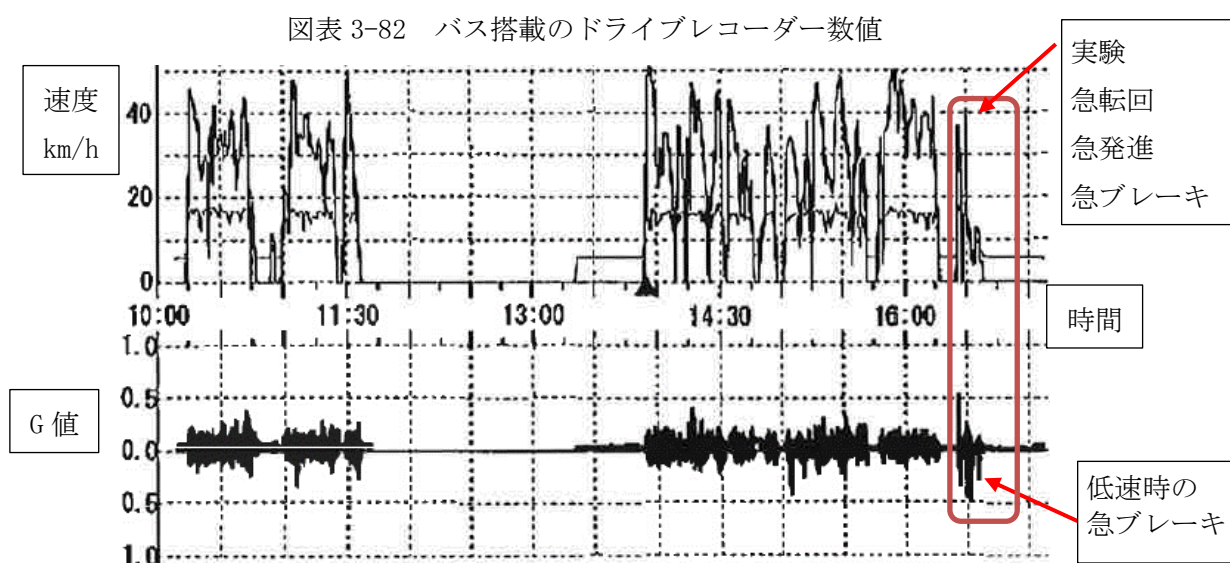
確認項目	有効性 (ジェットコースター型と比較)	課題
バス内のスペース要件	劣	機械装置の設置で、椅子を削減しなければならない可能性がある。
移動動線の長さ	同様	
車椅子利用者自身で固定可能か	条件次第で同様	センサ等でコネクタを移動させるなどで固定はしやすくなる
複数台搭載可能か	同様	前向き1台、後ろ向き1台 折り畳み椅子のコンパクト化が必要
乗降短縮効果	条件次第で同様	センサ等で補助が必要
導入コスト	劣	機械装置が必要
バス手の後付	劣	機械装置や操作部の配線等必要
車椅子の種類	条件次第で優れる	固定装置の標準化等、業界団体との協力が 必要。世界の利用者は対応し難い。
利用者対応	条件次第で優れる	電動車椅子まで対応が可能
車椅子利用者の安全性	劣	利用者用のシートベルトが必要
他の乗客に与える影響	条件次第で優れる	壁収納式の場合は、与える影響はほとんど ないと考えられる。
事故時等の緊急脱出	劣(条件次第)	機械式の為、破損しなければ可能
課題		手動車椅子や電動車椅子など、アタッチメントの幅や奥行きが異なる場合でも固定する仕組みが必要

3. 3. まとめ

本実験より、通常運行時は、バス内の車椅子はほとんど動くことはなかった。バスの急発進や事故等の衝撃を考慮した場合においても、ジェットコースター型安全バーで固定すれば、車椅子利用者が手すりをしっかり握らなくても、より安全に車椅子が固定され、楽な姿勢で乗車することができる。

現在の3点固定方式では、運転士の介助も含めて5分以上かかっているが、ジェットコースター型安全バーが設置されているのを前提とすると、固定にかかる時間は補助ベルト固定のみになる為、1分以内に短縮することが可能である。よって、通常走行が条件の場合、運転士の工数を削減し、停車時間を大幅に削減することができると思われる。

バスの運転士が急ブレーキを踏むことは起こりうるが、特に『低速で走行している時の急ブレーキ』が大きな衝撃を生む。図表 3-82 は、低速の急ブレーキを踏んだ場合のドライブレコーダーの数値であるが、0.5G という大きな数値となっている。



今回、本実験後に、京成バス新都心営業所内で、安全に十分配慮した上で、急転回や急発進・急ブレーキも行ったが、車椅子が固定エリアよりはみ出すことはなかった。安全バーにはクッションが巻きつけられていたため、胸がバーに当たって苦しいということもなかった。

従来の3点固定方式では（人ベルトを装着した場合を除けば）車椅子本体を固定していても、急ブレーキで人体が前へ投げ出される恐れがあるが、ジェットコースター型安全バーは、そもそも前方への動きを止める装置となっているため、投げ出される恐れがない。車椅子と人を同時に固定することができる、人ベルトと3点固定方式、両方の特徴を併せ

持ち、かつ固縛に時間がかからないため、非常に優秀な装置といえる。また、事故時の緊急脱出時を考慮すると、自力又は周囲の補助で脱出後の移動手段を考慮しながら脱出することもできる。3点固定方式や他の機械式の場合は、自力脱出ができない可能性もある。できたとしても、脱出後の移動手段である車椅子を確保できるかが課題となる。

2020年東京のオリンピック・パラリンピック時は外国人観光客も増え、観客としての車椅子利用者がバスに大量に乗車することが予想される。実用化にあたってはさまざまなハードルはあるものの、本装置が新交通（ART）に導入され、乗車時間が短縮されることを望みたい。

【参考文献】

- [3-1] 「SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）・自動走行システム」（内1⑦）
交通事故死傷者低減の国家目標達成に向けた調査・検討における公共交通の乗降時間短縮に係る調査検討 報告書（平成28年3月）
- [3-2] 日野自動車株式会社（平成28年12月）日野ブルーリボン・路線バス／HL系／KV系主要諸元表
- [3-3] 三菱ふそうトラック・バス株式会社（平成28年10月）エアロスター主要諸元表
- [3-4] 自走用手動車椅子の安全性を考える 国民生活センター（平成14年10月）
- [3-5] Q' STRAINT社 QUANTUM カタログ（平成28年10月）

第4章 見かけ無料ビジネスモデル

4. 1. 国内外の事例調査

無料バスは、主に、「公共交通の乗車時間短縮に係る調査仕様」にあるような4種類のモデルに分けられるが、それぞれについて、国内外において参考となる事例を調査した。調査事例のうち、自由が丘サンクスネイチャーバス、浅草パンダバスについては直接、ヒアリングを行った。

図表 4- 1 「見かけ無料」ビジネスモデルの種類

略称	「見かけ無料」ビジネスモデルの種類
1. 地域モデル	1) 地域の公共施設利用や自治会組織のような地域に紐づいた特定の人に対して、会員制などによる包括的なサービス提供費用のなかに当該バス交通の利用費用を含ませる手法
2. 観光モデル	2) 観光パッケージやイベントパッケージなどの企画商品のなかに当該バスの交通の利用費用を含ませる手法
3. 広告モデル	3) 通信ビジネスでは一般的に用いられる広告モデル等の第3者の費用負担による手法
4. ポイントモデル	4) 地方自治体等による公共交通利用促進のためのポイントインセンティブモデル（乗車し料金を支払うことによるポイントの入手、ポイントによる乗車料金の支払い等考慮し、また、ポイントの入手、使用についてはARTへの乗車に限らないモデルも検討すること）、もしくは減税モデル（運行事業者への減税等も検討すること）など、地域活性化費用もしくは渋滞緩和、環境保全費用として交通移動費を代替するしくみ
5. その他	5) 上記に属さない全く新たな発想に基づく「見かけ無料」ビジネスモデルの提案

4. 1. 1 地域モデル

(1) 東京都目黒区「自由が丘 サンクスネイチャーバス」

①概要

図表 4- 2 サンクスネイチャーバス外観



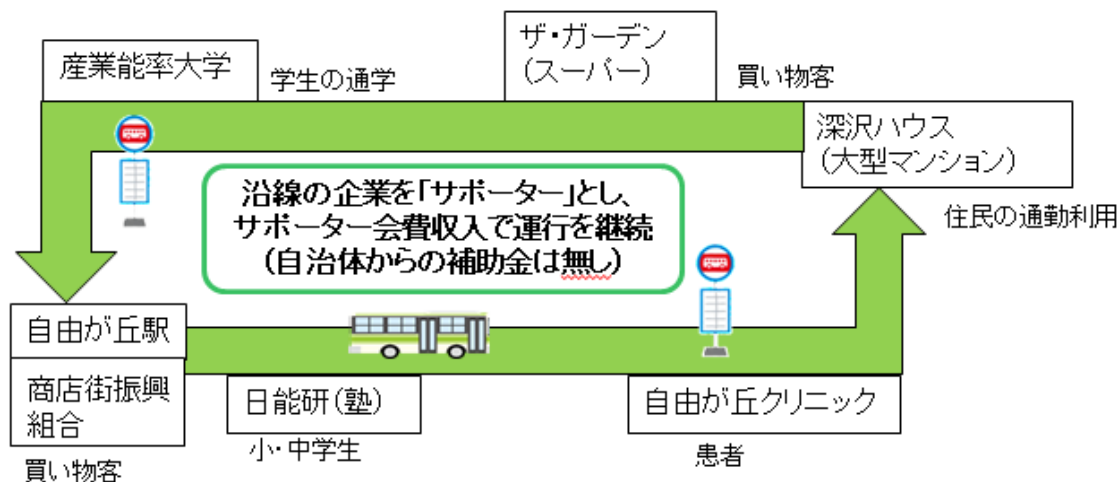
図表 4- 3 サンクスネイチャーバス概要

場所	東京都目黒区
対象	誰でも乗車可能（主に地域住民、学生、観光客）
関係者	特定非営利活動法人サンクスネイチャーバスを走らす会
概要	自由が丘を巡回する無料巡回バス。

東京都目黒区自由が丘を巡回する無料巡回バス。1997年に、自由が丘商店街の利便性を高めるために市民有志が事務局を立ち上げ、2014年に乗車人数100万人を達成した。巡回ルート为企业や個人から「サポーター」を募集し、サポーター会費を取って運営している。サポーターとなった場合、ルートマップや小冊子に店舗等の紹介や、写真が掲載される。バスは市民から回収した天ぷら油などの廃食油を5%混合したりサイクル燃料で走っている。

現在の利用者数は月間約1万人で、バスが満席になって乗車を断らざるを得ない場合もある。

図表 4- 4 サンクスネイチャーバス イメージ図



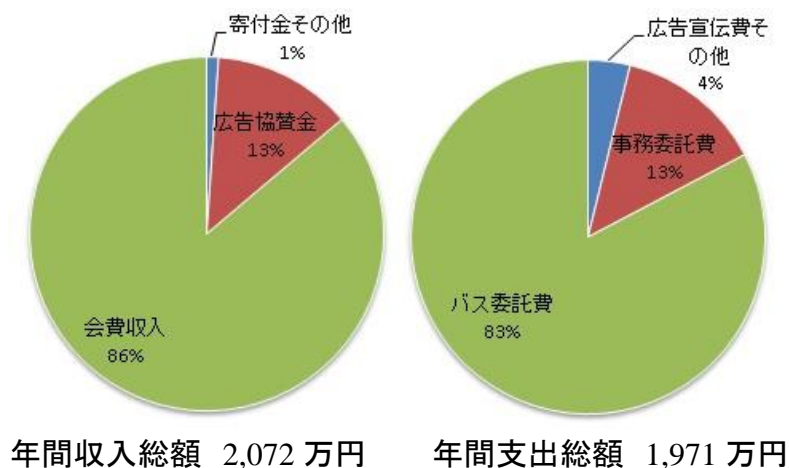
利用者数を増やすに当たり、大規模な宣伝はしておらず、口コミやコミュニケーションで徐々に増えていった。

昼、夜は地域住民の利用が多く、朝は学生の通学利用が多いため、朝のみ産業能率大学へ直通のバスを出している。なお産能大もメインサポーターの1つである。

②無料の仕組み

沿線の企業を「サポーター」とし、サポーター会費収入で運行費用としている。利用者数が少なく、資金が苦しいときもあったが、バスをラッピングして広告費を得るなど努力の結果、自治体からの補助金なしで運行している。現在は約 30 社の企業がサポーターとなっているが、その数は安定している。特に路線上の大型マンションの住民がよく利用するため、マンション管理組合がサポーター会費を出している。

図表 4- 5 サンクスネイチャーバスの収支 (平成 27 年)



③課題

非常に優秀なモデルであり、課題はとくに見当たらない。しかし人口の少ない地方都市では真似しづらいといえる。地方自治体や商店街から視察を受けることも多いようだが、珍しいモデルのため、同様に実現するには難しいとの判断に至ることが多い。

④考察

成功の秘訣は、第一に地域の協力が大きいことだろう。自由が丘は人気のショッピングエリアであり、その商店街組合である自由が丘商店街振興組合も、会員 1,300 軒以上の国内最大級の規模であるが、この組合が早くからバスについて理解を示している。駐車場やバス停についても、路線上の寺院や店舗に提供を受けており、地域住民に強く支えられている。

第二に、事務局側も、運行ダイヤを柔軟に変更したり、近隣を走るバス会社（東急バス）と路線が重ならないよう工夫したり、警察署の許可を受けたりと細かい調整を行っている。

もしサンクスネイチャーバスがなければ、路線上の住民は自由が丘駅前商店街には行きにくく、近隣の別の駅（二子玉川など）に行ってしまう恐れがある。利用者も、地元の商店街も、両者がバスの恩恵を受けており、Win-Win の関係といえる。

以上のことから、無料バスの運行を継続するには、地域の協力・事務局の熱意・柔軟な運用が必須といえる。

(2)まとめ

地域モデルとしては、大きく自治体、病院、商業施設に分かれる。共通しているのは、ほぼ毎日運行し、誰でも乗車できる点であり、「見かけ無料」モデルとして理想的である。

自治体が運営するコミュニティバスは多数あるが、完全無料を実現しているのは刈谷市などに限られている。運行費用のすべてを税金で賄える自治体が少ないことが原因と思われる。サンクスネイチャーバスのような成功例もあるが、人口の多い都市部の繁華街での成功例であるため、地方への横展開が難しい。

病院・商業施設が運行するバスでも、費用の高騰などにより、廃止されたバスも多数ある。地域モデルのポイントとしては、運行の中心となる自治体・企業等が、運行費用の負担ができることが重要になる。

自治体が運行するコミュニティバスはこの他にも多数存在するが、その他の地域モデルの例をあげる。

図表 4- 6 地域モデルその他の例

名称	地域	概要
公共施設連絡バス	愛知県刈谷市	全 6 路線・毎日運行。誰でも利用可能
コミュニティバス 「あおぞら」	群馬県伊勢崎市	全 10 路線・毎日運行。誰でも利用可能
荏原病院無料送迎バス	東京都大田区	2 ルート、平日のみ運行
済生会千里病院 無料バス	大阪府吹田市	3 ルート、日祝運休
コープさっぽろお買い物バス	北海道赤平市	生協組合員のみ利用可能。コープさっぽろ あかびら店を中心に病院、公共施設への往復にも利用可能。高齢者の利用が多く過疎地域の交通手段として役立っている

図表 4- 7 運行を廃止した地域モデルの例

名称	地域	概要
アリオ札幌無料バス	北海道札幌市	1997 年より 2 路線で運行していたが、燃料費の高騰や消費税増税などにより 2015 年 2 月 28 日廃止。
井田病院無料バス	神奈川県川崎市	2006 年から運行していた武蔵小杉駅行の無料シャトルバスだが、川崎市バスの増便により、2016 年 3 月 31 日廃止。

4. 1. 2 観光モデル

(1) 東京都台東区「パンダバス」

図表 4- 8 パンダバス路線図



①概要

図表 4- 9 パンダバスの概要

場所	東京都台東区
対象	誰でも乗車可能
関係者	セグラスドライブ社
概要	浅草駅とスカイツリー間を循環する。土日祝のみ運行。

浅草・スカイツリーを回遊する循環型の無料バス。現在は1路線、1日19本、土日祝のみ運行で、1月間の利用者は1000人弱である。地元の観光・イベント企画会社であるセグラスグループホールディングスがハワイのワイキキトロリーピンクラインにヒントを得て、浅草という観光地を盛り上げるため、無料バスとして出発した。

2008年から運行を開始し、最盛期は2010年頃、パワースポットブームなどもあり、月に1万～1万2000人の利用者があった。2011年には新たに上野ルートを新設したが、徐々にスポンサーが減少し、2016年夏に、いったん運行休止となった。

2016年11月に土日祝限定で運行を再開し、現在はスポンサー1社で運行している。パンダの顔をしたユニークな形のバスは特注であり、子供や外国人観光客にも人気が高い。利用者の割合は、地域住民：観光客が6：4であり、観光地・浅草としては意外なことに、地域住民の割合が高い。スペースがあればベビーカーや車椅子も乗車可能だ。無料のため、とうきょうスカイツリー駅から浅草駅を結ぶ便利な交通手段として、地域住民の足として愛されてきた。運行休止になった時は、地元から惜しむ声が大きかったという。

②無料の仕組み

スポンサーを募り、車外に広告を出すことで運行費用を賄っている。運転士のみ外部委託しているため、月の運行費用は土日祝のみの場合は20万、平日も運行した場合は55万円。その他に駐車場費用や、バスが故障した場合はメンテナンス費用がかかる。スポンサー費用だけで賄えない場合、赤字部分は運行会社であるセグラストライブ社が負担している。

③課題

・スポンサー集めの難しさ

運行継続の難しさの一つは、やはりスポンサー集めが難しいことだ。スポンサーがついた場合、バスの車の外に広告を出すのが、バス利用者が増えても広告効果が増えるわけではない。運行会社であるセグラストライブ社は、民間企業であるため行政の補助金が下りない。

・バス停設置の難しさ

二つ目はバス停を設置するのが難しいことだ。2011年から開始した上野ルートは、上野動物園や国立博物館、浅草駅を無料で巡るため人気があったが、バス停を設置するのに警察の許可が下りず、ついに廃止になった。現在運行している浅草ルートも、とうきょうスカイツリー駅前にはバス停が設置できず、他のバス会社のバス停付近に停車している。

④考察

パンダバスは、マスコミにたびたび取り上げられるなど知名度も高い。浅草は都内有数の観光地であり、観光客や地域住民も多くバスを利用していた。にもかかわらず、運行には苦戦しており、やはり一社のみで無料バスを運行し続けるのは難しいことが分かる。

(2) その他の例

スキー場、競馬場、遊園地、公園、スポーツ施設、ホテルなど、レジャー・リゾート施設が運行する無料バスはこの他にも多数存在する。

図表 4- 10 観光モデル その他の例

名称	地域	概要
ワイキキトロリーピ ンクライン	アメリ カ ハ ワ イ 州	毎日運行。通常運賃は2ドルだが、JCBカード会員はカ ードを見せるだけで無料になる。トロリーの運行自体は現 地の会社が行っている。
東京ベイシャトル・丸 の内シャトル・メトロ リンク日本橋	東京 都 台 東 区	毎日運行。誰でも利用可能。日の丸リムジンが運行。運行 ルート上の地元協賛企業の協力で運行している。
足立美術館無料バス	島根 県	1日17本運行。誰でも利用可能。 JR安来駅から足立美術館を結ぶ直通バス。
Hakuba Valley シャト ルバス	長野 県 白 馬 村	周辺スキー場を巡回する無料バス。スキー場利用者のみ無 料。スキーシーズンのみ運行

(3) まとめ

観光モデルのその他の例で共通しているのは、乗車可能なのが対象施設の利用者に限られること、運行期間が限定的なことである。(スキーリゾートなどの場合、運行はスキーシーズンに限られる)

運行費用は対象施設が負担するため、下記、運行を廃止した例のように、施設の経営悪化やスポンサー減少、利用者減少等で廃止の恐れがある。

一社のみで運行費用を負担するより、ルート上の複数の店舗、企業が費用を分散して負担するモデルのほうが成功しやすいといえる。

図表 4- 11 運行を廃止した無料バスの例

名称	地域	概要
高松競輪無料バス	香川 県	利用者減少により、2015年6月末で廃止

4. 1. 3 広告モデル

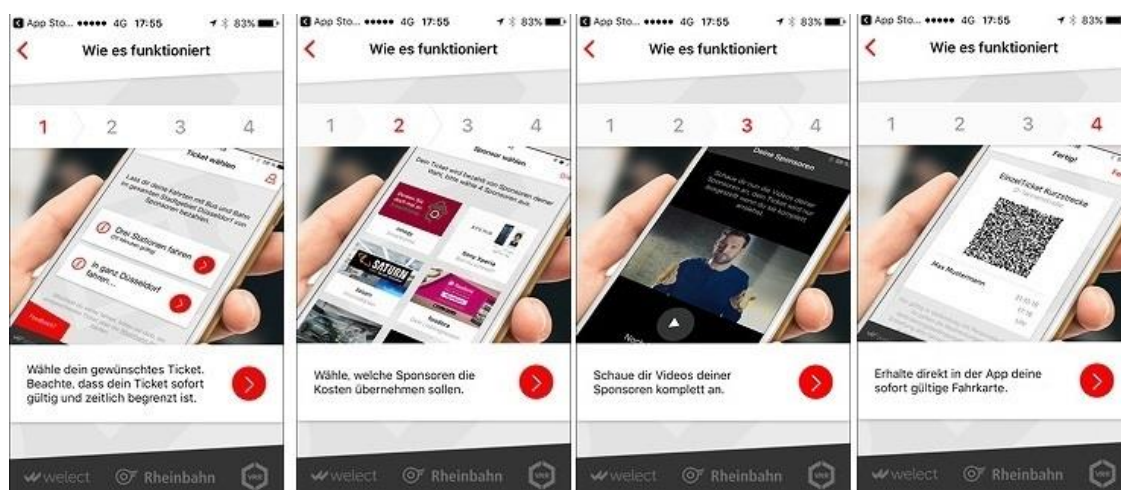
(1) ドイツ・デュッセルドルフ「WelectGo」

①概要

図表 4- 12 事例の概要

場所	ドイツ・デュッセルドルフ
対象	誰でも利用可能
区間	1 回券 (バス・電車のシングルチケット)
関係者	ラインバーン社
概要	スマホアプリ「WelectGo」の広告動画を視聴すると、無料で電車・バスに乗ることができる。

図表 4- 13 WelectGo 画面



広告モデルについては国内の事例はなく、国外事例としてドイツ・デュッセルドルフでの「WelectGo」があげられる。デュッセルドルフ市はライン・ルール大都市圏地域の中心となる、人口 61 万人の経済都市で、日本企業の進出も盛んである。市内には公共交通機関が充実しており、市電・地下鉄・バスという交通網が張り巡らされ、すべてラインバーン (RHEINBAHN) 社が運営している。

市電・地下鉄・バスの運賃はゾーン制であり、AからDまで4つのゾーンがあるが、無料になるのはゾーンAの1回券 (2.7ユーロ相当) である。

②無料の仕組み

利用者はスマホアプリ「WelectGo」をダウンロードし、住所、氏名、性別、生年月日などの個人情報を入力する。バスもしくは電車のチケットを選択し、20秒の広告動画の中から、自分の見たい4種類の動画を選択し、動画を視聴し終わると、無料乗車券となるQRコードが画面に表示される。入手した無料乗車券はその後90分有効である。アプリは利用

者の個人情報を匿名データとして広告主に提供する。

2016 年秋にサービススタートし、通勤者の中でヒットしている。当初は年内に 1,000 チケット程度を予想していたが、予想に反し、1 週間で 20,800 チケットが発行された。現在はスポンサーが限られており、1 日分の無料乗車券が数時間でなくなってしまうが、開発会社は、スポンサーを増やし、ドイツやオランダの他都市への拡大を考えている。

③課題

無料にできる人数には限りがある。広告主が増えない限り、すべての人が無料になるわけではない。

④考察

広告モデルとして成功しており、日本でも導入可能と思われる。

しかし、日本の路線バスに導入することを考えると、何らかの不正乗車対策が必要になるだろう。乗車の際に、運転士にスマホの QR コード画面を見せるだけでは不正乗車が見抜くことができない。

デュッセルドルフの電車・バスには抜き打ちの車内検札があり、無賃乗車の場合は高額な罰金が科せられるが、日本ではそのような仕組みはない。

(2) まとめ

広告モデルは、スマートフォンやアプリなど最新のデバイスを使用した例があるものの、やはり広告料だけで、運行費用の全てを賄うのは難しいといえる。

参考までに、図表に示した市川市コミュニティバスの例では、採算率を公表しているが、広告収入はバス総運行経費のうち 1%以下だった。

総運行経費に対する広告料収入の割合(平成 27 年度)は、北東部ルート 3,755 万円 : 61 万円 (1.6%)、南部ルート 8,497 万円 : 29 万円 (0.3%) と低い。

図表 4- 14 千葉県市川市コミュニティバスの運行経費

ルート	大項目	小項目	平成 27 年度(単位：千円)	経費における割合
北東部ルート (京成バス)	総運行経費		37,552	100%
	総運行収入	運賃収入	15,982	42%
		協賛金収入	11	0.3%
		広告料収入	611	1.6%
		市の負担額	21,570	57%
南部ルート (京成トランジットバス)	総運行経費		84,978	100%
	総運行収入	運賃	44,951	52%
		協賛金	11	0.01%
		広告料収入	296	0.3%
		市の負担額	40,027	47%

出所：市川市 HP <http://www.city.ichikawa.lg.jp/common/000236061.pdf>

4. 1. 4ポイントモデル

(1)市川市「エコポイント」

①概要

図表 4- 15 市川市エコポイントの概要

場所	千葉県市川市
対象	市川市民
関係者	市川市
概要	ボランティア活動への参加やアルミ缶のリサイクル等でエコポイントを貯めると、そのポイントで市川市コミュニティバスや美術館の入場料が無料になる

②無料の仕組み

市川市のボランティア活動への参加やアルミ缶のリサイクル等でエコポイントを貯めると、そのポイントで市川市コミュニティバスや美術館の入場料が無料になる。

③課題

最大の課題はポイントが貯めづらいことだ。ポイントの貯め方は、たとえば市のボランティア活動参加1回につき20ポイント、ペットボトルの回収2本で1ポイント。コミュニティバス（運賃150円）を1回無料にするためには、ボランティア活動を5回行わなければならないが、現実的でない。

コミュニティバスでのポイントカード利用率も低い。市川市 道路交通部 交通計画課に問い合わせたところ、バスで利用されるポイントカードは、北東部ルートで1ヶ月に1枚から2枚程度、南部ルートで1日1枚程度の利用ということだった。1日の平均利用者数が約1,200人であることから、利用率は0.1%と非常に低い。

④考察

ボランティア活動などで地域ポイントを貯め、利用できる仕組みは市川市だけでなく埼玉県鶴ヶ島市、茨城県龍ヶ崎市など多数存在する。ポイントを貯めるのが難しいため、利用されているとは言いづらい。

(2)香川県「めぐりん WAON」

図表 4- 16 めぐりん WAON の概要

場所	香川県
対象	誰でも利用可能
関係者	めぐりん事務局、イオン株式会社
概要	加盟店での買い物や公共施設の利用でポイントが貯まり、貯まったポイントでバス利用料金などを支払できる。

①概要

香川県の地域ポイント、めぐりん WAON（めぐりんマイル）を利用。めぐりん加盟店で買い物する、公共施設を利用する、健康増進活動に参加する、地域スポーツを応援するなどマイルが貯まり、貯まったマイルでバス利用料金を支払できる。（バス以外の買い物にも使用できる）もともと香川県の地域通貨であっためぐりんマイルが、イオン株式会社の電子マネーWAON と統合され、広範囲で使える電子マネーとなった。

②無料の仕組み

めぐりん加盟店で買い物するなどマイルをため、たまったマイルでバス利用料金を支払できる。（バス以外の買い物にも使用できる）マイルの原資は加盟店が負担している。

③課題

特になし

④考察

日常の買い物でもマイルを貯められるため、貯めやすい。

(3) まとめ

ポイントモデルは自治体もしくは NPO 法人が中心となっているものが多い。自治体の認定する社会貢献活動、健康増進活動などに参加するとポイントが貯まり、貯まったポイントでバス運賃などが無料になる形が多い。社会貢献活動のみでしかポイントが貯まらないケースと、活動に加えて地域で買い物をするとポイントが貯まるケースがある。市川市エコポイントはその例であるが、いっぽう、地域での買い物でもポイントが貯められる「めぐりん WAON」の場合、ポイントが貯まりやすく、使用用途も多いため、累計発行枚数は 16 万枚と香川県民の 6 人に 1 人が所持しており、香川県内での年間決済額が約 40 億円、2014 年のマイル発行額は 2,000 万円にも上る。そのため、ボランティアなど社会貢献活動だけでなく、日常の買い物でポイントを貯めるモデルのほうが成功しやすいといえる。地域での買い物で貯めたポイントで、公共交通機関を利用できれば、地産地消型経済の推進、地域活性化にもつながり、将来性のあるモデルといえる。

出所：

http://www.city.ichikawa.lg.jp/cgi-bin/kaigi.cgi?filename=kaigi_151127.txt&count_c=17

<https://messe.nikkei.co.jp/rt/news/131371.html>

http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/shigaichi/pdf/005_s02_00.pdf

4. 1. 5まとめ

ここまでの事例の調査で、地域・観光・広告・ポイントの各事例を比較した結果、見かけ無料ビジネスモデルの成立のためには下記の要素が必要であることが分かった。

- ・ 地域社会の理解と支援が得られること
- ・ 運行路線上に有力な商業施設、レジャー施設、公共施設、病院等があること
- ・ ある程度の利用者数が見込めること
- ・ ポイントの場合、社会奉仕活動のみでなく買い物でポイントが貯まること
- ・ 広告単体で運賃を無料にするのは難しいこと

上記の要素を踏まえ、現在、検討中のモデルは以下である。

4. 2. 見かけ無料ビジネスモデル

4. 2. 1. 電子マネー利用モデル

(1) 概要

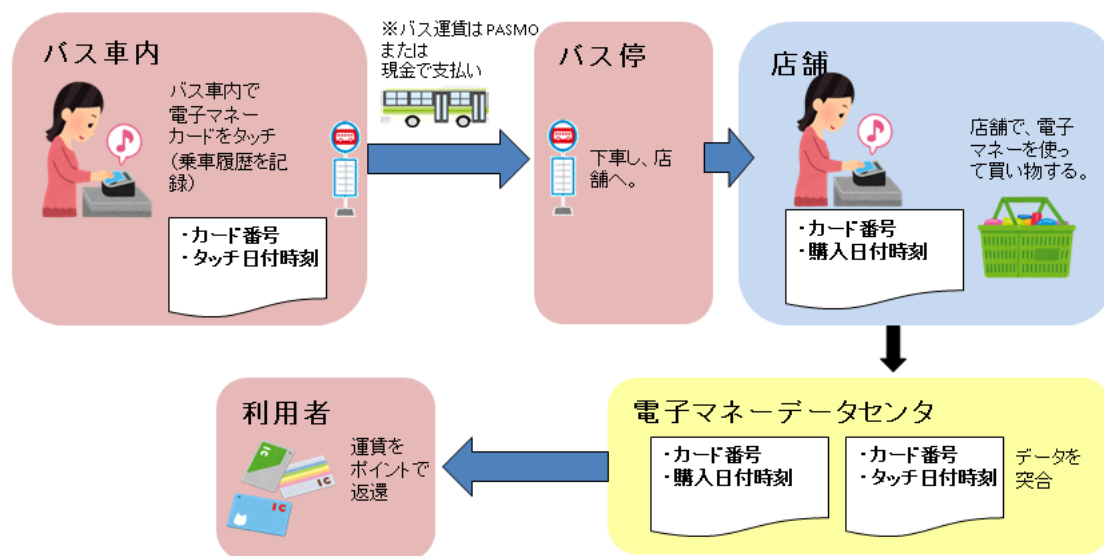
地域モデルとポイントモデルを組み合わせたモデル。

商業施設行きのバス内に、ポイントカード（電子マネー）の専用端末を設置する。利用者は交通系 IC カードもしくは現金で運賃を支払ってバスに乗り、電子マネーカードを専用端末にタッチし、乗車履歴を付与する。商業施設でバスを降り、電子マネーで買い物したら、バス運賃が電子マネーのポイントとして付与され、実質無料となる。

一般的に商業施設では、買い物のレシートを提示すると駐車場が無料になるサービスはあるが、バスで来店した客が無料になるサービスはなかった。来店客が本当にバスを利用したのか、分からないからである。電子マネーカードを利用すれば、バス内で乗車履歴を残すことができ、運賃の返還が容易になる。

(2) 仕組み

図表 4- 17 電子マネー利用モデル



(3) 想定コスト

- ・専用端末 バス 1 台につき 5 万円～10 万円
- ・システム開発費用 1,000 万円以上

(4) メリット・デメリット

- ・メリット

既存の路線バスを利用してもらい、運賃を返還するタイプであるため、バスの運行費用

が掛からない。店舗側は、来店者が増え、売上増加が見込める。バス会社は利用客が増加する。マイカーの利用が減り、公共交通機関の利用が増える。

- ・デメリット

すべてのバスに端末を設置する、ポイント返還のためのシステムを開発するなど、初期費用がかかる。

店舗側は、売上が増えなければ、運賃をポイントで返還するだけ、赤字になる恐れがある。

(5) 課題

この電子マネー利用モデルは、簡易実証実験を行う前提で検討してきたが、次のような課題に直面した。

- ・セキュリティ/個人情報保護の課題

電子マネーカードのセキュリティ基準が高いため、個人情報保護の観点から、専用端末以外で情報を取得できるか検証するのに時間がかかってしまった。

- ・法律的な課題

バスを運行する株式会社と、電子マネーを運用する会社が別事業者の場合、「バス料金分の電子マネーのポイント返還」が単なる値引きではなく、景品表示法の総付景品に相当することとなった。そのため返還できる上限額が200円となり、路線によっては運賃分の返金ができない。今回の場合は、千葉県千葉市のあやめ台団地～稲毛駅の路線で検討していたため、運賃は片道210円であった。ポイント返還が景品として扱われるのを避けるためには、バス会社が、利用する電子マネーの加盟店になる必要があるため、実験を行うにあたっての制約事項ともなった。

このモデルについては、2016年10月から2017年1月まで、約4か月間の検討を行っていたが、上記課題により、残念ながら今年度の簡易実証実験の実現が不可能となってしまった。

4. 2. 2. BLE ビーコン利用モデル

(1) 概要

観光モデルと広告モデルを組み合わせたモデル。

観光地を巡るバスの一乗車券を買った人に、チケットとしてBLE ビーコンタグを渡す。観光地の商業施設や土産物店などに、セントラル端末（ビーコン電波受信端末）を設置する。利用者が施設や店舗を訪れたら、入場料金や購入金額から一定額を割引する。複数店舗を訪れた人は、複数の割引が受けられ、実質無料になる。

一日乗車券を見せると特典が受けられ、入場料金等が割引になるサービスは、全国各地に存在するが、それを電子化したケースである。

また、BLE ビーコンタグにより位置情報が分かるため、観光客が観光地でどのような行動を取っているのか、行動履歴を取得できる。

(2) 仕組み

図表 4- 18 BLE ビーコン利用モデル



■ セントラル端末（ビーコン電波受信端末）

(3) メリット・デメリット

・メリット

利用者がいつ、どの店舗を訪れたかが容易にデータ化できる。

観光客の行動履歴を把握でき、チケット購入時に性別、年齢などの情報を取得すればビッグデータとして活用できる。

・デメリット

ビーコンタグの価格が高い

(4) 想定コスト

セントラル端末 1 台 30,000 円前後×利用店舗数

BLE ビーコンタグ 1 個 2,000 円～3,000 円×利用者数

システム開発費用 1,000 万円以上

(5) 課題

一日乗車券は、通常 500 円程度であるが、ビーコンタグの価格がそれより高いため、使い捨てではなく回収する必要がある。IC タグにより観光客の動きを追跡する仕組みは、一部で開始されてはいるものの、まだまだ一般的ではないため、利用者の理解を得る必要がある。

4. 2. 3. まとめ

サンクスネイチャーバスやパンダバスなどの無料バスの運行費用は、1台あたり年間600万円～1,000万円であり、一社のみで負担できる金額ではない。自由が丘も浅草もどちらも人口の多い繁華街であることは共通しているが、サンクスネイチャーバスは順調に運行しており、パンダバスは苦戦していることを鑑みると、やはり無料バス成功の一番のポイントは、地域社会、地域住民のバックアップが得られるか否かだろう。広告やポイントのみで運行費用を賄うのは不可能であり、たとえ利用者のニーズがあっても、地域が一丸となって取り組み、複数の企業がサポーターとしてコストをシェアしない限り、無料バスの運行を継続するのは難しいだろう。

今回は残念ながら法律の面で実証実験に至らなかったが、見かけ無料ビジネスモデルの電子マネー利用モデルは、地域共通で利用できる地域通貨や電子マネーがあり、それをバスで利用できれば、法律面もクリアできる。事例として調査した香川県のめぐりん WAONのような地域通貨があれば、実現可能性は高い。

BLE ビーコンを利用した無料モデルについては、前例がないため、実現には様々な課題を検証する必要があるが、技術的には十分、実現可能といえる。

道路が混雑する都心部や、オリンピックなどの大規模イベント時に、完全な無料バスが実現できれば、乗車時間の短縮ができ、渋滞の解消や交通事故の減少につながる。今後、本検討の内容を生かし、無料モデルのさらなる検討が進むことを望みたい。

第5章 調査のまとめ

本調査では、「見かけ無料認証方式の検討」「車椅子固定の簡素化」「見かけ無料ビジネスモデルの検討」を行った。

見かけ無料認証方式の検討では、バス車内の現金利用や交通系 IC カードのチャージ不足に対応するための複数の決済方法を検討し、バス車内での使用に足るという結果を得た。簡単に導入でき、複数の決済方法が利用できる決済用マルチ端末などが導入されれば、バス車内のキャッシュレス化を実現することができる。また、新たな技術を用いた乗車確認の仕組みとして、BLE ビーコン技術を検討した。ビーコンチケットを車椅子利用者や高齢者に配布すれば、簡単に乗車でき、運転士に位置が分かるなど利点があるため、日常利用でも、オリンピックなどの混雑時にも有益だろう。

車椅子固定の簡素化の検討では、ジェットコースター型安全バーの実証実験を行い、安全性や固縛の簡単さを確認することができた。本格的に導入するには、クリアしなければならない課題も多いが、もし路線バスや新交通 ART に導入されれば、車椅子利用者のみならず、健常者の利便性も増すと思われる。

「見かけ無料」ビジネスモデルの検討では、事例調査の結果、バスの運行費用をシェアし、無料モデルを維持するには、やはり地域社会の強力な支援が不可欠という結論が得られた。電子マネーや BLE ビーコンを使用した新しい無料モデルを検討し、残念ながら実証実験を行うには至らなかったが、挙げた課題がクリアされれば実現性はゼロではない。

今後、それぞれの調査項目について、挙げた課題を解決した上で実用化され、バスの乗車時間を短縮し、誰もが利用しやすく、渋滞や事故のない安全な交通社会の実現に近づけば幸いである。

本調査に当たっては、下記の組織にヒアリングを行った。

- ・ 一般社団法人電子情報技術産業協会（JEITA）
- ・ 経済産業省 商務情報政策局 商務流通保安グループ 商取引・消費経済政策課
- ・ 国土交通省 自動車局 技術政策課
- ・ 東京都 オリンピック・パラリンピック準備局
- ・ 東京都 都市整備局
- ・ 自由が丘サンクスネイチャーバス
- ・ 浅草パンダバス
- ・ 京成バス株式会社

第6章 ARTの将来に向けた提案

- (1) 交通系電子マネー（Suica等）は、都市部交通機関での普及状況及び処理速度は群をぬいており、これに代わるものは、現状ないと思われる。
そう言った状況の中で、アンケート等にある様に、外国人の来日時の普及（購入）率は、50%強に留まっている。
今後、交通系電子マネーの周知活動、空港等での販売強化、クレジットカードとの連携強化、ジャパンレールパスとの連携、来日前購入の仕組み構築等の対応が望まれる。
また、チャージ不足対策としては、オートチャージの普及及び少額マイナスの許容システム対応（デポジット内等）等が望まれる。

- (2) 交通系電子マネーの補完として、マルチリーダーライターの導入も有効な手段である。今回、処理速度は遅かったものの、交通系以外電子マネー（WAON/nanaco等）、非接触クレジットカード（Visa payWave等）、Apple Pay等海外電子マネーに対して、マルチリーダーライターで、対応出来る事がわかった。今後システムの改善等が進めば、処理速度もバス等でのサービスレベルになると思われる。

- (3) 一方、自動運転（運転手不在）等を視野に入れたARTに対しては、本格的な見かけ無料を進める事も必要と思われる。
次ページの様なビーコン活用ビジネスモデルの検討も進めるべきと思われる。
事前にチケット型ビーコンを入手（購入・デポジット・無料入手等）し、乗客が乗車する履歴をもとに、料金負担者が決まる（シェアモデル）。今回のBLEビーコン（ビーコンタグ利用型）検証で十分な可能性を見出せたと思われる。ART情報との連携により、バス停での車椅子客乗車状況（空満）把握・運転手のバス停待ち車椅子客等把握にも大変有効である。
運転手不在において、今回検証したジェットコースター型安全バー及びBLEビーコン（ビーコンタグ利用型）の導入は、有効な手段の一つと思われる。

図表 6- 1 BLE ビーコンを利用したシェアモデル イメージ

