



「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

最終報告書 概要版

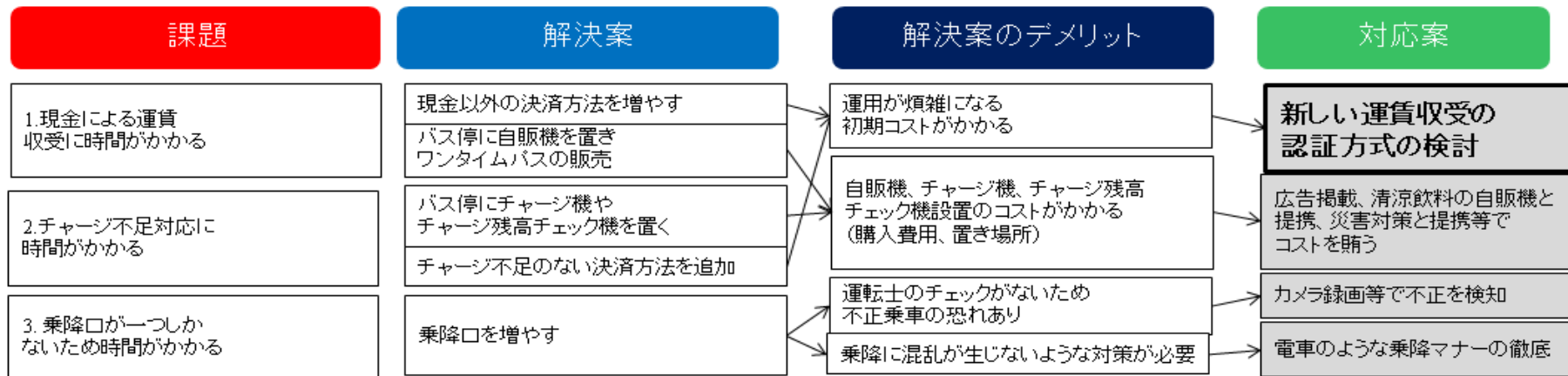
平成29年3月10日
豊田通商株式会社 情報産業部

1-1.見かけ無料認証方式の検討～バス乗降時間調査

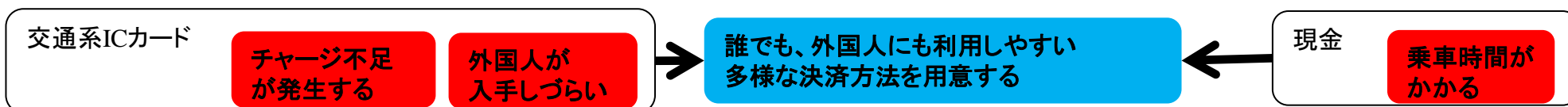
混雑している路線バスでの乗降にかかる時間を計測し、解決すべき課題を3つに絞りこんだ。

＜乗車にかかる時間＞		＜降車にかかる時間＞		＜チャージ不足の調査結果＞		＜解決すべき課題＞	
乗車方法	一人当たり乗車時間	降車方法	一人当たり降車時間	チャージ不足の割合	チャージ不足平均時間		
交通系ICカード	2.02秒	前後両方	0.66秒	5人/537人中	12.4秒	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	
現金	4.64秒	前のみ	2.34秒				

それぞれの解決案を探っていく結果、対応案として、新しい運賃収受の認証方式の検討を行うこととなった。



ただし現在日本で普及している交通系ICカード(NFC Type F)は、処理速度が非常に速いため、単に新しい認証方式を実証しても、その速度を超えることは難しい。そのため今回の実証実験では、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。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。





1-2.見かけ無料認証方式の検討～新しい認証方式

交通系ICカードの弱みを補完し、外国人にも使いやすい新しい認証方式として、図の7種類の決済方法を検討した。

決済方法	例	利用シーン	対象	チャージ不足	概要
交通系以外の電子マネー (NFC Type F)	WAON、nanaco	日常利用時	交通系ICカードを持っていない日本人	あり	「WAON」「nanaco」等の電子マネーは交通系ICカードより発行枚数が多く(2億3千万枚)、日本人一人につき二枚持っている計算である。認証方式はNFC Type Fのため、処理速度は速い。
クレジットカードのIC機能 (非接触)	Visa payWave、Master PayPass	日常利用時	外国人観光客	なし	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、カードを端末にかざすだけで決済が可能。日本での普及は遅れているが、海外では広く普及しており、当該地域からの外国人観光客に有効。ポストペイなのでチャージ不足もない。
Apple Payなどモバイル決済 (NFC利用)	Apple Pay、Android Pay	日常利用時	外国人観光客	なし	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。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。
QRコード利用のモバイル決済	アリペイ、ウィーチャットペイ	日常利用時	外国人観光客(中国人)	なし	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って決済する。中国で爆発的に普及している。
Bluetooth利用のモバイル決済	Origami Pay	日常利用時	交通系ICカードを持っていない日本人、外国人観光客	なし	利用者はスマホアプリをダウンロードし、クレジットカード情報を登録するだけで利用可能。iPadにスマホをかざして、Bluetoothで通信して決済する。
BLEビーコン(スマートフォン型)	なし(決済ではなく認証に使用するため)	大規模イベント時	日本人、外国人含めすべての人	なし	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。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る。チャージ不足による混乱もない。
BLEビーコン(ビーコンタグ型)	なし(決済ではなく認証に使用するため)	大規模イベント時	日本人、外国人含めすべての人	なし	利用者がチケット代わりにBLEビーコン端末を持って乗降口を通るとBLEビーコンの発信電波をバス側端末が受信。バス側端末の受信音が鳴る。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。

1-3.見かけ無料認証方式の検討～実証実験の結果

検討した決済方法について、機材を路線バスに設置し、被験者20名で決済しながらの乗車を行い、実証実験を行った。

使用機材	決済方法	決済速度	総合評価	課題	実験結果
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)	決済そのものが正常に完了するか、1台の決済用マルチ端末で複数の決済方法を連続で使用して機器エラーやトラブルがないか、乗客役スタッフが混乱なく使用できるかについては、すべて問題なくクリアできた。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。 <実証実験の様子>
	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	決済は正常に完了し、連続使用にも問題がなかった。利用者側のスマホのトラブルが起こる恐れがあるため、混雑する路線バスには向かないかもしれないが、処理速度が速く、導入コストが安いため高速バスや、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	8回の実験を行い、成功率が100%になったのは1回しかなかった。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	10回の実験を行い、すべて100%の成功率となった。乗客のおおよその位置が把握できるため、乗車認証として有効。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。



<結論>

交通系ICカードの弱点を補完し、バス車内のキャッシュレス化を目指すには、決済用マルチ端末の導入や、ビーコンタグ型チケットが有効といえる。

2-1.車椅子固定の簡素化～ジェットコースター型安全バー

昨年度の検討より「ジェットコースター型安全バー」の試作を行い、路線バスに取り付け、公道を走行する実証実験を行った。

ジェットコースター型安全バー各要素

赤のベルトが車椅子の後ろ方向の慣性を抑える

緑のバーがキャスターの旋回を抑える

黄色の横バーが車椅子の前方向への慣性を抑える

ジェットコースター型安全バー使用の仕方

進行方向

車椅子スペースに入り、安全バーの足で車椅子の横ブレを抑える。人のブレは、手元の補助ベルトで抑える。

ジェットコースター型安全バーの対象者

ジェットコースター型安全バーの対象者は、固定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。対象の車椅子は、JIS標準型車椅子と、アクティブ車椅子が対象であり、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。

ジェットコースター型安全バー 実証実験

場所: 千葉県千葉市 海浜幕張駅周辺

被験者: 健常者 体重60kg、身長170cm

目的: 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

本実験装置を作成し、下記の5点について確認を行った。

- 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)

実験の様子



走行ルートA 新習志野駅～幕張本郷駅



走行ルートB 幕張本郷駅～マリスタジアム



2-2.車椅子固定の簡素化～実験結果まとめ

・実験結果のまとめ

本実験の結果より、通常運行時は、バス内の車椅子はほとんど動くことはなく、前述の5点の確認点をすべてクリアすることができた。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た。

・従来型(3点固定方式)の課題解決

現状の課題:

- ①現在の3点固定方式では、運転士の支援も含めて5分以上かかっている
- ②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。
- ③緊急時は、自力脱出ができない可能性もある。



ジェットコースター型安全バーの採用のメリット:

- ①固定にかかる時間を、1分以内に短縮でき、運転士の工数も削減。
- ②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。
- ③緊急時は、自力又は周囲の補助で脱出可能。脱出後の移動手段も確保できる。

・2020年東京オリンピック・パラリンピックに向けて

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。

2-3.車椅子固定の簡素化～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

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

車椅子利用者でも簡単に折り畳める椅子の開発。折り畳み椅子の折り畳み時のコンパクト化

・ノンステップ認証の基準緩和

現状では、ノンステップ認証（以下 NS認証）は、車椅子の3点固定方式が条件

・ジェットコースター型安全バーの取り付け位置

『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』等の仕組みの検討

・ジェットコースター型安全バーの強度

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

・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

他の乗客が、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

・法律的な課題の基準緩和

バリアフリー新法のバリアフリー整備ガイドライン（車両等編）の条件付き基準緩和等

・その他の要素（自動スロープ等）

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

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収受の仕組みや、乗車前に支援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。

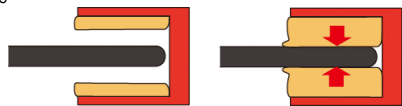
2-4.車椅子固定の簡素化～全く新しい発想に基づく簡素な固定脱着方式

ジェットコースター型安全バー以外にも、簡素な固定脱着方式について机上検討を行った。

①エアバック式固定装置

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などが挙げられる。

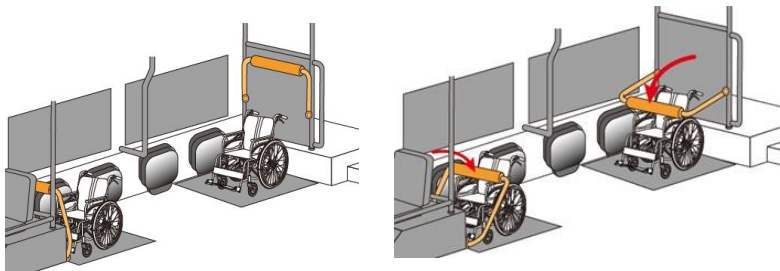


②前後可倒式安全バー式

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。

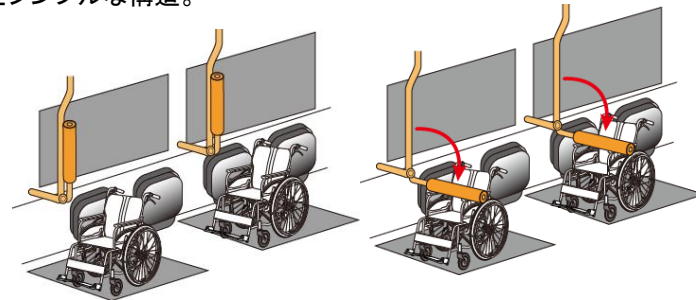
条件:本実験より、急発進を想定しないため、車椅子が後方へ移動することはない。

ジェットコースター型の発展形である。



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。



④Q' STRAINT社「Quantum Securement Station」 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定することもでき、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。

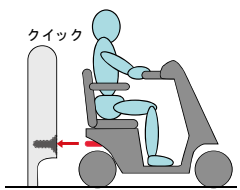
安全と固定と解放が、シンプルな3ステップの操作で可能



⑤ISOFIX型固定装置

チャイルドシートの子供用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、センサーで位置合わせ後に固定する仕組み。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。



3-1.「見かけ無料」のビジネスモデル～事例調査

バスの無料モデルについて、国内外の事例を調査した。

種類	調査事例	概要	評価	評価・分析
1.地域モデル	東京都 自由が丘サンクスネイチャーバス	自由が丘駅と街中を巡回する無料バス。沿線の企業や大学からのスポンサー会費で運行費用を賄っている。	◎	誰でも利用でき理想的。自治体、周辺企業からスポンサーを集め、運行費用を負担できれば継続可能。
2.観光モデル	東京都 浅草パンダバス	浅草・スカイツリーを回遊する循環型の無料バス。2016年夏に、資金難でいったん運行休止となった。2016年11月より、土日祝限定で運行を再開している。	△	無料バスの運行を継続するには、スポンサー集め・バス停設置などの課題がある。一社だけの体制では難しい。また、地域の支援・理解がないと難しい。
	ハワイ JCBワイキキトrolley	JCBカード会員は、クレジットカードを提示することでハワイ・ワイキキトrolleyピンクラインに無料で乗車可能。	○	利用可能な人が限られ、すべての人が無料になるわけではない。観光施設の経営悪化などで路線廃止がありうる。
3.広告モデル	ドイツ デュッセルドルフラインバーン	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。2016年秋にサービススタートし、通勤者の間でヒットしており、他の都市への展開も考えている。	△	モデルとしては成功しているが、無料でできる人数には限りがあり、すべての人が無料になるわけではない。
4.ポイントモデル	千葉県 市川市 エコポイント	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。	△	ポイントを貯めるのが大変であり、コミュニティバスでの利用率も低い。
	香川県 めぐりんWAON (めぐりんマイル)	加盟店で買い物すると地域ポイントが貯まり、バス代やその他の買い物等に充てることができる。	○	買い物で地域ポイントを貯められるのは現実的であり、地域活性化につながる。

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

- ・地域社会の支援が得られること
- ・運行路線上に有力な商業施設、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

3-2.「見かけ無料」のビジネスモデル～電子マネー利用モデル

事例調査の分析を踏まえ、検討したモデルは以下二つである。

①電子マネー利用モデル

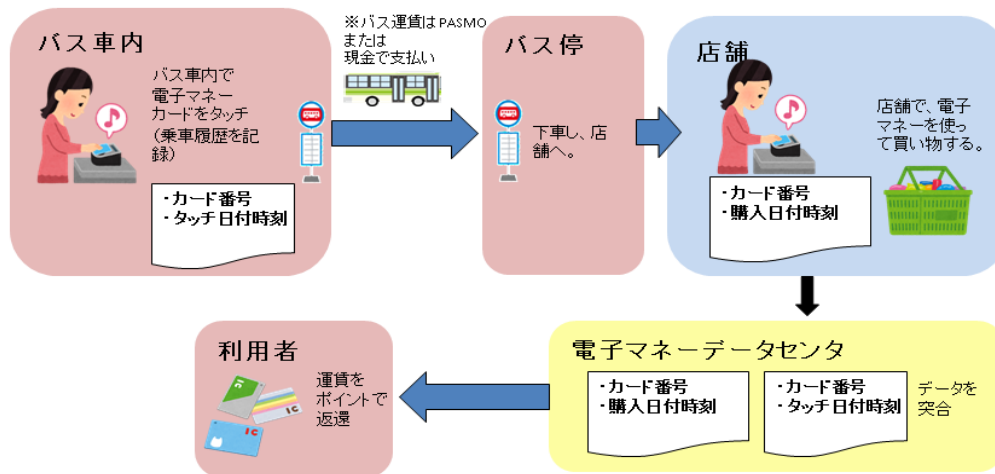
商業施設行きのバス内に、ポイントカード(電子マネー)の専用端末を設置する。利用者は交通系ICカードもしくは現金で運賃を支払ってバスに乗り、電子マネーカードを専用端末にタッチし、乗車履歴を付与する。商業施設でバスを降り、電子マネーで買い物したら、バス運賃が電子マネーのポイントとして付与され、実質無料となる。

メリット

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。



電子マネー利用モデルの課題

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、実現不可能となった。

・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た。

・法律的な課題

バスを運行する会社と、電子マネーを運用する会社が別事業者のため、「バス料金分の電子マネーのポイント返還」が単なる値引ではなく、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、制約事項となってしまった(今回の場合は、あやめ台団地～稲毛駅の運賃は往復420円)

今回は実証実験にいたらなかったが、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、実現可能性は高い。

②BLEビーコン利用モデル

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。

メリット

観光客がいつ、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。

→BLEビーコンが乗車認証に使用できることが分かっているため、技術的には十分、実現可能。

デメリット

ビーコンタグの価格が高い



■ セントラル端末 (ビーコン電波受信端末)