

「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 1 ⑦）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

豊田通商株式会社

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 バス乗降時に運賃収受を必要としない仕組みに関する調査検討	4
2. 1. 既存最新技術調査と課題抽出	4
2. 1. 1. 国内事例	4
2. 1. 2. 海外事例	11
2. 1. 3. 運賃収受に用いる認証技術	30
2. 1. 4. まとめ	32
2. 2. 新たな運賃収受の仕組み	33
2. 2. 1. 運賃収受の仕組みの検討	33
2. 2. 2. 運賃収受の仕組みの評価	51
2. 3. 見かけ無料化の方策の検討	53
2. 4. 検閲の仕組み	54
2. 4. 1. 検閲の仕組みの必要性	54
2. 4. 2. 検閲の仕組みの検討	54
2. 5. 試作検証計画・社会実証企画	60
2. 5. 1. 試作検証計画	60
2. 5. 2. 社会実証検証企画	62
第3章 車椅子利用者自身が操作可能な車椅子固定の仕組みに関する調査検討	64
3. 1. 既存最新技術調査と課題抽出	64
3. 1. 1. 国内事例	64
3. 1. 2. 海外事例	66
3. 1. 3. まとめ	78
3. 2. 新たな方式の仕組み	79
3. 2. 1. 前提条件の整理	79
3. 2. 2. 現状把握と課題	80
3. 2. 3. 車椅子固定の新たな仕組みの検討	86
3. 2. 4. 車椅子固定の仕組みの評価	94
3. 3. 試作検証計画・社会実証企画	100
3. 3. 1. 試作検証計画	100
3. 3. 2. 社会実証検証企画	101
第4章 調査のまとめ	103

第1章 調査の概要

1. 1. 調査の目的

公共交通機関をより有効に活用するためには、移動システムの本質である速達性および定時運行性が担保されることが必須要件である。公共交通機関の1つである路線バスについては、車両走行時間だけでなく、乗客の乗降時にかかる時間も定時運行性・速達性に大きな影響を与えていることはよく知られている。車室内転倒事故を防ぐため、バスが動いている間に車室内移動をしないことを求めているため、歩行速度が遅い乗客が乗降する場合には停車時間が長くなる傾向にある。また、車椅子利用者が乗降する場合も、車室内移動や車椅子の固定に時間を要し、定時運行を阻害することとなる。

本調査は、バスの速達性・定時運行性の向上を目指し、バス乗降時に運転手の確認を必要としない運賃収受の仕組み、および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。

1. 2. 調査項目

「公共交通の乗降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) 国際的に見た既存最新技術調査と課題抽出

バス乗降時に運賃収受を必要としない仕組み及び車椅子利用者自身が操作可能な車椅子固定の仕組みについて、国内外の事例を調査することで、最新技術の動向や、制度について整理し、課題を抽出した。

(2) 従来課題を解決できる新たな方式の提案と試作計画の検討

事例調査で明らかとなった課題を踏まえ、国内のバスに導入することで乗降時間を短縮できる仕組みについて検討した。さらに、検討した複数の仕組みについて、メリット・デメリットを分析し、今後の試作検証に向け、有望な仕組みについて試作検証計画を立案した。

(3) 調査検討結果の共有化

調査にあたっては、業界関係者へのヒアリング調査や、意見交換を実施することで、調査検討結果が業界関係者で一致した意見となるよう調整した。

(4) 社会実証検証企画

今後の社会実証実験に向けた検証企画を検討した。

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	1月	2月	3月
(1) 国際的に見た既存最新技術調査と課題抽出	→		
(2) 従来の課題を解決できる新たな方式の提案と試作計画の検討		→ 新たな方式の検討 → 新たな方式の提案	→ 試作計画の検討
(3) 調査検討結果の共有化 関係者へのヒアリングを適宜実施	→		
(4) 社会実証検証企画		→	
(5) 調査まとめ		→	
		★ 次世代都市交通WG報告	★ 次世代都市交通WG報告

なお、SIP・自動走行システム推進委員会 次世代交通 WG（第 29 回：平成 28 年 2 月 10 日、第 30 回：平成 28 年 3 月 9 日）において調査の中間報告と結果報告を実施し、確認事項や、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 バス乗降時に運賃収受を必要としない仕組みに関する調査検討

2. 1. 既存最新技術調査と課題抽出

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、バス乗降時に運賃収受を必要としない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。

2. 1. 1. 国内事例

(1) 広島電鉄

① 概要

図表 2- 1 事例の概要

場所	広島市
対象	電車
区間	広島電鉄全線
関係者	広島電鉄株式会社

広島電鉄は、広島市に軌道線（路面電車）6線、鉄道線1線を運営しており、日本最大の路面電車事業者である。乗車地から目的地までに乗換が必要な場合に、通し運賃で複数の電車を乗り換えることができる「乗換え制度」を実施しており、これは信用乗車方式の一種と考えることができる。

図表 2- 2 広島電鉄路線図



出所：広島電鉄 (<http://www.hiroden.co.jp/train/route-guide/stop-guide/index.html>)

② 仕組みの詳細

ここでは、「乗換え制度」に限定した仕組みの詳細を記載する。

「乗換え制度」は、乗換指定電停で次の条件をみたす場合に、乗車電停から目的地まで通しの運賃で複数の電車を乗換えることができる制度である。

- ✓ 乗車電停から目的地までの直通運行系統がない場合
- ✓ 乗換指定電停まで行けば、目的地までの電車の運行本数が増える場合

乗換指定電停

的場町	八丁堀	紙屋町東 ^{※1}
紙屋町西 ^{※1}	本通 ^{※1}	十日市町
土橋	広電西広島	日赤病院前 ^{※2}
広電本社前	皆実町六丁目	宇品二丁目

※1 紙屋町東、紙屋町西、本通は同一電停とみなされ、乗換え時の電停間の移動可

※2 広島港方面のみ

図表 2- 3 乗換え制度の例

(1) 広島駅から白島へ	(2) 八丁堀から比治山下へ	(3) 比治山下から市役所前へ
<p>広島駅から紙屋町方面行きで八丁堀下車、白島線に乗換え</p>	<p>八丁堀から広島駅行きでの場町下車、比治山下経由広島港行きに乗換え</p>	<p>比治山下から広島港行きで皆実町六丁目下車、紙屋町方面行きに乗換え</p>

出所：広島電鉄 (<http://www.hiroden.co.jp/train/use/transfer2.html>)

・ 乗換え制度の利用方法と料金の支払方法

A) 現金の場合

ア. 最初の電車を降りるとき

運賃を支払い、乗務員または係員に乗換えの申告をして「電車乗換券」を受け取る。

イ. 次の電車に乗るとき

そのまま乗車する。

ウ. 次の電車を降りるとき

「電車乗換券」を運賃箱に入れる。さらに乗換えをする場合は、乗務員または係員から、新しい「電車乗換券」に引き換えてもらう。

※電車乗換券は当日限り有効。

B) 交通系 IC カード (PASPY・ICOCA) の場合

最初の電車、乗換え後の電車とも、乗降の際、IC カードをタッチする。通し運賃が自動的に適用される。

※30 分以内に乗換をしないと無効となる。

・ 違反者の取り締まり方法や違反時のペナルティ

違反の動機となるようなメリットがないため、取り締まりやペナルティはない。

- ・ 乗降時間が短縮できる要素

現金利用者の場合、乗り換え後の電車にはそのまま乗車できるため、運賃を支払う時間を短縮できる。ただし、本制度においては、運賃收受のタイミングが乗降時ではないため、乗降時間の短縮とは無関係である。

③ 課題

乗換え制度の適用条件が複雑なため、日常的に利用していないとわかりにくい。

④ 考察

交通系 IC カードを利用した場合は、料金が通し運賃とはなるが、利用方法自体は通常利用と変化がない。料金体系の観点から路線バスに適用することは考えられるが、乗降時間が短縮されることはない。

現金利用の場合には、乗り換え後の電車に乗車する際に料金の支払いが発生しないので、路線バスにこの料金收受の仕組みを応用すると、乗降時間の短縮が期待される。ただし、乗換え制度では、最初の電車を降りる際に電車乗換券の受取りが発生している。この行為を路線バスに応用する手法については検討が必要である。

(2) 宇都宮ライトレール

① 概要

図表 2- 4 事例の概要

場所	宇都宮市
対象	ライトレール
区間	宇都宮市—芳賀町
関係者	宇都宮ライトレール株式会社、宇都宮市、芳賀町

宇都宮ライトレール株式会社および、宇都宮市、芳賀町では、LRT（ライトレール）の検討を 2019 年の開業に向けて実施している。また、利用者の利便・快適性の向上、混雑の解消、コスト削減等を目的として、信用乗車方式の導入が検討されている。

図表 2- 5 導入予定ルート



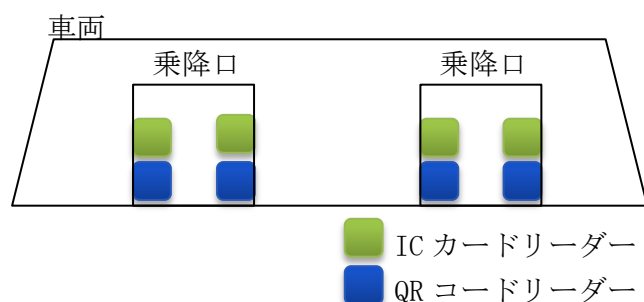
出所：宇都宮市 (<http://www.city.utsunomiya.tochigi.jp/kotsu/shinkotsu/026687.html>)

② 仕組みの詳細

・ 料金の支払方法

IC カードでの支払を前提としており、乗降口の左右に設置したリーダー・ライターにタッチしての運賃収受を基本とし、車内で乗車中にチャージも可能とすることが検討されている。ただし、2～3 割の利用者は現金利用者となることが想定されるため、現金利用者は予め券売機で QR コードが印刷されたチケットを購入して、乗車時に QR コードリーダーにタッチするという仕組みが検討されている。

図表 2- 6 乗降口へのリーダー・ライターの設置 (イメージ)



図表 2- 7 QRコード乗車券 (沖縄都市モノレール線)



QRコードを利用した乗車券は、沖縄都市モノレール線で利用されている乗車券を参考とされている。

- 不正乗車対策

違反率は2~3%程度となることを想定されている。罰金を高くするのは、法律の見直しが必要なため困難であるということと、罰金を高くしても、不正利用者の減少は限定的であると考え、罰金を設けるのではなく、不正利用者の所属する組織(学校や会社)に通知して処分を委ねることを検討されている。また、学校に出向いてのマナー教育や、町内会や老人会に向けた実車体験などを実施して利用方法を周知することが計画されている。

- 乗降時間が短縮できる要素

車内での現金による支払が発生せず、全ての乗車口において2列に並んでの乗車を可能とすることで、スムーズな乗降を実現し、時間短縮に繋がる。

③ 考察

LRT は乗降口の幅が広く、乗降に適したプラットフォームを設けることが可能など、路線バスと比較すると乗降時間短縮に有利な要素が多い。しかしながら、全ての乗降口に IC カードリーダー・ライターを設置することは路線バスにおいても有用であると考えられる。また、路線バスは特性上、バス内での現金による支払を完全に排除することは困難と考えられるが、乗降口に QR コードリーダーを設置し、現金利用者の一部が、事前に QR コード付きの乗車券を購入することで、乗降時間が短縮する可能性はある。ただし、QR コード付きの乗車券はバス停などでの販売となるため、自動券売機により現金収受をバス停で実施することとなる。また、釣銭の問題も考慮が必要である。釣銭をバス停で用意しない方式（一律 1,000 円券を発行し、終点など人的対応が可能な場所で精算するといった方策が考えられる）が求められることが想定される。インフラ投資が発生するので、コストと時間軸を考慮しての検討が必要である。また、QR コード読み取り時のエラー率が十分に低く、実用上問題ないレベルが求められることに留意が必要である。

2. 1. 2. 海外事例

(1) バルセロナ

① 概要

図表 2- 8 事例の概要

場所	バルセロナ/スペイン
対象	バス
区間	H6 Zona Universitària - Fabra i Puig
関係者	TMB(Transports Metropolitans de Barcelona)

バルセロナ市は、102km²でスペイン人口の約3%である160.2万人の人々が住んでいる。バルセロナ市内には地下鉄、市バス、トラムなどの交通網が張り巡らされ（図表2-9）利便性もよく、郊外へはカタルーニャ鉄道やレンフェを使って行くことができる。

また、空港と市内をつなぐエアロバス、市内観光に便利なツーリストバスなど、観光客に便利な乗り物がある。

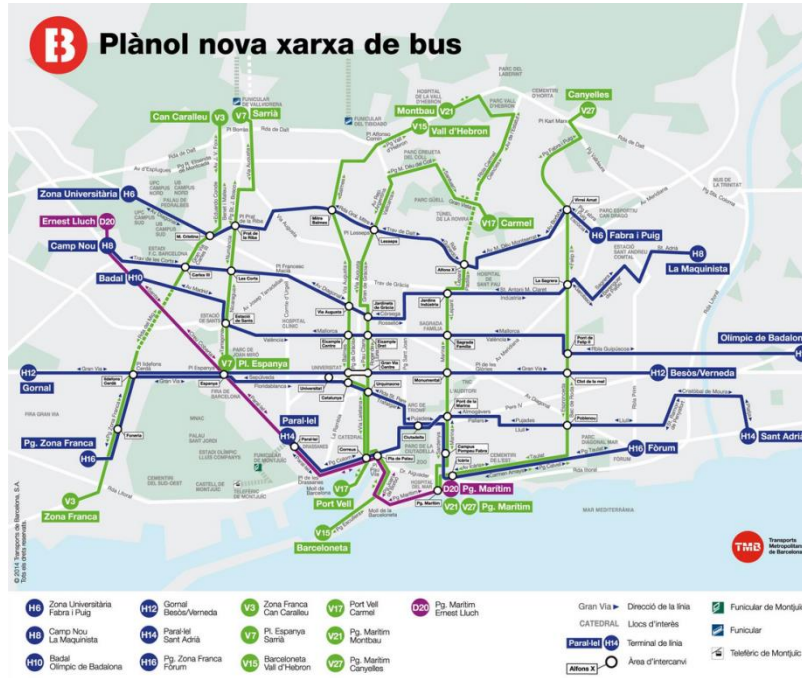
例として、グエル公園へのバス利用については、ライン「H6, 32, 24, 92」の「Zona Universitària - Fabra i Puig」乗車し、「Travessera de dalt-la Granja」で降車する。※バスのフロントガラスの上部に行先表示されている

図表 2- 9 全路線図



出所：TMB (<http://www.tmb.cat>)

図表 2- 10 新路線



出所: TMB (<http://www.tmb.cat>)

図表 2- 11 H6 ルート



出所: TMB (<http://www.tmb.cat>)

T10 card 以上で乗車の場合、1 時間 15 分以内の乗り換えは無料で、他の交通機関への乗り換えも自由となっている。

その他、複数人での乗車も可能で、1 人目がカードを通して改札を通り抜けた後に、そのカードを次の人に渡してその人がまたカードを通して乗車する。

割引カードとして、バルセロナカード、トランスポートカードなどがある。

-バルセロナカード (Barcelona Card)

バルセロナ市内の交通機関を使い放題+バルセロナの美術館、観光名所が割引または無料

-トランスポートパス (TRANSPORT PASS)

複数日間の間にメトロや電車、バス、トラムに乗車可能

・ 料金の支払方法

図表 2- 14 Ticket machine



出所 : Travelingturks.com (<http://www.travelingturks.com>)

図表 2- 15 刻印機



出所 : TMB (<http://www.tmb.cat>)

地下鉄構内の Ticket machine や、Kiosk と呼ばれる売店でチケットを購入し、バス内に設置している刻印機にチケットを通す。

利用する際のチケットは交通機関共通で、相互の乗車が可能となっている。

※Single Ticket のみ運転手から購入可能。

※4歳未満は切符の購入が必要なし。

バス及び、地下鉄での禁止事項

-喫煙

-満員の場合、乗車を断ることがある

-車両のドアの開閉

-危険物の持ち込み

- 100 x 60 x 25 より大きい荷物の持ち込み（ベビーバギーは除く）

-スケート又は類似の使用

・不正乗車対策

検査員が不定期に巡回しており、刻印していない場合、無賃乗車で違反となる。違反者は、その場でペナルティ料金を支払うか、通知書よりオンラインで支払う。

図表 2- 16 違反通知書

PERCEPCIÓ MÍNIMA			
Aquesta percepció mínima es pot abonar, dins el període indicat, al web http://www.tmb.cat/ca/ pagament-per-infracció, a qualsevol ServiCaixa o Punt TMB. Aquesta notificació no té validesa en cas d'haver efectuat el pagament.			
TERMINI DE PAGAMENT FINS EL DIA	«data_limit»	IMPORT	«PREU_MULTA»
EMISSORA 12345678901	REFERÈNCIA 1234567890123	IDENTIFICACIÓ 0123456	100 €
[Barcode]		«sr» «NOMBRE» «APELLIDO1» «APELLIDO2» «CALLE», «NUMERO», «PISO» «CODIGO_POSTAL» - «LOCALIDAD»	
TMB <small>Transportes Metropolitans de Barcelona</small> Ferrocarril Metropolità de Barcelona, SA. Inscrita en el Registre Mercantil de Barcelona. Sòcia de Societat, tom 146, foli 167, luj 14/2011. CIF: A08005796		C/60, núm. 21-23, Sector A, Pol. Ind. Zona Franca - 08040 Barcelona Telèfon: 902 07 50 27	
Issuer Example: 12345678901	Reference Example: 1234567890123	ID Example: 123456	Amount Example: 100
TMB 2887855122082 Ferrocarril Metropolità de Barcelona, SA Sr. FRANCISCA XXXXZ Data: 12/04/2012 Hora: 12:56 Línia: 3 Estació: Motiu: 61 NI1 No presentat títol Agent XXXX	En no presentar títol de transport públic, s'aplica l'article 15.2 de la Llei 16/2007 de 30 de juliol, de Recorreguts i serveis de transport públic, amb sanció de 100 Euros. El valor més de 100 Euros de la infracció s'aplica de 30 a 60 dies de la data de la infracció en els termes establerts a l'article 15.3 de la Llei 16/2007 de 30 de juliol, de Recorreguts i serveis de transport públic. En cas de multa de 1000 Euros, s'aplica l'article 15.4 de la Llei 16/2007 de 30 de juliol, de Recorreguts i serveis de transport públic, amb sanció de 100 Euros. En cas de multa de 1000 Euros, s'aplica l'article 15.4 de la Llei 16/2007 de 30 de juliol, de Recorreguts i serveis de transport públic, amb sanció de 100 Euros.	JUSTIFICANT PER A L'ENTITAT BANCARIA Codi Proc. Recaptació - CPR: 9850794 Import: 100,00 Euros Emissora: 08080799001 Referència: 8785512208203 Identificació: 120512 [Barcode]	

出所：TMB (<http://www.tmb.cat>)

- ・ 違反時のペナルティ
 - 30 日以内に€100 のペナルティ料金を支払う。
 - 18 歳未満は、その場で支払うことによりペナルティ料金が半額となる。
 - 30 日以内にペナルティ料金を支払っていない場合、最大€600 の罰金を課すことがある。

- ・ 乗降時間が短縮できる要素
 - 料金制度
 - 「信用乗車方式」が採用されている。

 - バスの種類
 - 乗降口の幅が広いと、一度に乗降できる人数が増える。

 - 支払方法
 - わかりやすい運賃体系かつワンコインなど支払いやすい運賃となっており、支払いにかかる時間を削減できる。

③ 課題

地下鉄の駅にある Ticket machine 以外での切符購入は、事前に Lottery shops や Newsagent Kiosks 等で購入するのが原則であるが、開いていない時間帯に乗車する人には不便である。また、抜き打ちで検札を行なうバスでは、実際には発覚しなければ大丈夫との考えのもと、無賃乗車を行う乗客が多いことや、自由に出入りできるため、治安の悪化の恐れがあるなど、信用乗車に伴う一般的な課題がある。

④ 考察

日本のように非常に混雑する都市交通では、信用乗車方式を採用し、検査員が検札を実施することは事実上不可能である。(同時に、改札機導入投資が回収できるケースとも考えられる。)

導入の可能性については法整備も必要となり、改正した上で、検札の方式(混雑時でも可能)を考慮しなければならない。

(2) ボルドー

① 概要

図表 2- 17 事例の概要

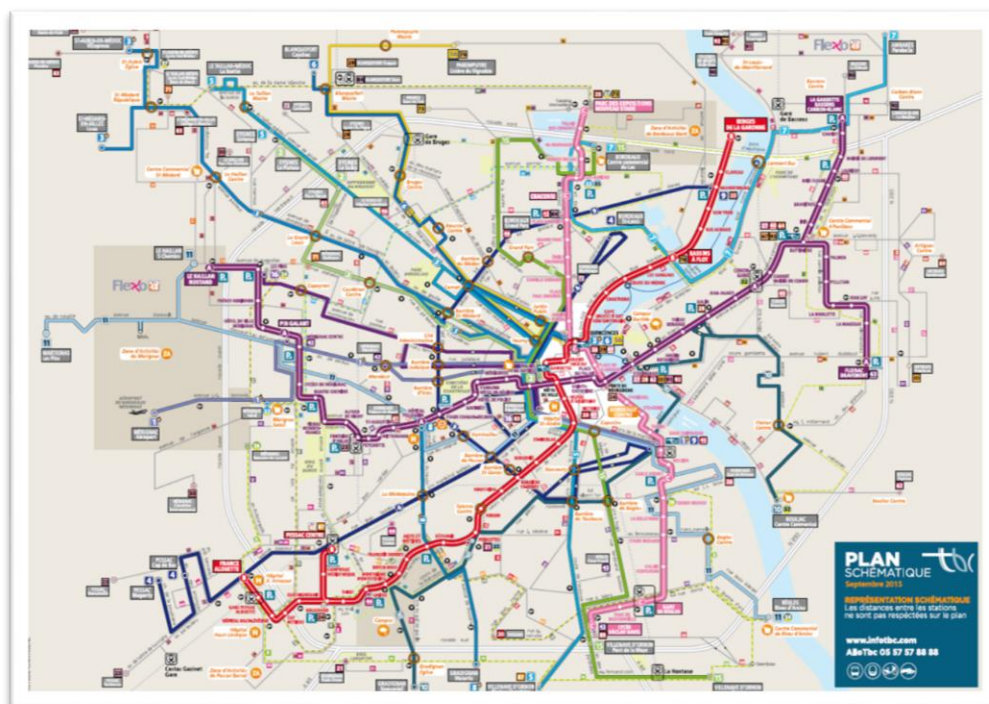
場所	ボルドー/フランス
対象	トラム、バス
区間	ボルドー市内と周辺の町及び近郊
関係者	TBC (Tram et Bus de la CUB)

トラムは「A線（紫・太線）」「B線（赤・太線）」「C線（ピンク・太線）」（図表 2- 18）の3路線がある。ボルドー中心街を必ず通り、交差する軌道を取っている。また、バスはトラムを補完する役割として、65路線ある。

ボルドーにおける、トラム・バスの乗降は事前購入された1枚のチケットで共有して利用することができる。

（例）ボルドー・メリニャック空港→（バス）→メリニャックセンター→（トラム）→ポルテ・ド・ブルゴーニュ（市内中心街）の行程を、「Tickarte 1 voyage（1回券）/ 1.50 €」（ただし1時間有効）で移動することができる。トラム、バス共に運転手がチケットを確認する事がなく、車内にある専用の改札（機械）にチケットを通すだけで利用できる。

図表 2- 18 路線図



出所：TBC (<http://www.infotbc.com/plans-reseau>)

② 仕組みの詳細

- 料金の支払方法

トラム : 駅の券売機で事前購入 (一部景観保全のため設置されていない)

バス : 「Tickarte 1 voyage (1回券) / 1.50 €」のみ運転手から購入可能
トラム駅の券売機、バス案内所、主要ターミナルにある TBC 案内所、
オンライン等での事前購入

図表 2- 19 チケットマシンと料金



Tickarte 1 voyage (1回券) / 1.50 €
Tickarte 10 voyages (10回券) / 12.40 €
Tickarte 1 jour (1日券) / 4.60 €
Pass Soirée (夜専用チケット) / 2.00 € (19時から翌朝7時までトラム乗り放題)
Tickarte 5V (5回券) / 6.70 €
Tickarte 10V Réduit (割引10回券) (ボルドー在住の高齢者専用) / 7.10 €
Tickarte 7 jours (7日券) / 12.40 €

出所: 地球の歩き方 (http://tokuhain.arukikata.co.jp/bordeaux/2015/10/post_9.html)

図表 2- 20 チケット



(表面) Tickarte 1 voyage



(裏面) 券売機購入



(裏面) バス運転手購入

- 不正乗車対策

コントロールと呼ばれる監視者 (3 人一組) がトラムおよびバスに不定期に乗車し、
運行中に乗客のチケットをすべて確認する方法をとっている。また、不正乗車をさせ

ないためにキャンペーンを実施している。

図表 2- 21 キャンペーン広告



出所:ameba ブログ (<http://ameblo.jp/la-vie-a-bordeaux/entry-12084525678.html>)

- ・ 違反時のペナルティ
違反者は、罰金として 51.50 €が課せられる。
- ・ 乗降時間が短縮できる要素
チケットを事前購入するので、乗降時に支払が発生しない。また、複数編成のため自由な乗降扉となっており、スムーズな乗降が可能となっている。

③ 考察

日本の路線バスに導入することを考えると、バルセロナの事例と同様に、検札や罰金制度に関する課題が上げられる。

また、事前購入の券売機として、鉄道会社の協力を得て、駅の券売機でのバスチケット購入することや、IC カードを使うことで、鉄道同様にバス会社間での乗換え（運賃の割引）を導入することが検討できる。

(3) ドレスデン

① 概要

図表 2- 22 事例の概要

場所	ドレスデン/ドイツ
対象	鉄道、バス
区間	ドレスデン市内（一律料金）とその郊外（従量制課金）。鉄道を含む 11 路線
関係者	BMBF (Federal Ministry of Education and Research: ドイツ連邦教育研究省), VVO (オーバエルベ運輸連合), Siemens VDO, Fraunhofer IVI, GWT etc

2005 年にドレスデン(ドイツ)で ALLFA プロジェクトが実施された。(参考文献[2-1]) ALLFA プロジェクトとは、ドイツ政府機関を含む官民共同で実施された実証実験であり、地域住民を中心とした約 2,000 名を対象に、ALLFA 運賃收受システム(ALLFA チケット)を利用し、その運用評価が行われた。ALLFA チケットは、利用者による券売機でのチケット購入、乗降車時のチケット提示等を必要としない、完全なチケットレス/キャッシュレスのシステムである。

実証実験後の意識調査では、12%の利用者が不要と答えたのに対し、68%の利用者がぜひ必要と回答している。また、42%の利用者がより頻繁に公共交通機関を利用するだろうと回答している。

しかし、ALLFA チケットは後述の課題もあり実用化には至らず、現在は、Handy Ticket と呼ばれるシステムが運用されている。

② 仕組みの詳細

・ 料金の支払方法

ALLFA チケットは、2 種類のアンテナを搭載しており、バス乗車時に ALLFA チケットを起動する電波(wake-up)をアンテナが受け取り、バス発車後に運賃收受の電波(access)を別のアンテナが受け取る仕組みとなっている。

図表 2- 23 ALLFA チケットの外観と内部



出所 : Be-In-Be-Out Payment Systems for Public Transport (参考文献[2-1])

バスには入口(前後 2 個所)に wake-up アンテナを設置し、利用者が入口を通った際に ALLFA チケットの wake-up を行う。その後バス発車後に車内の access アンテナ(車内 1 台)にて ALLFA チケットの料金收受処理を行う。このとき利用者は、ALLFA チケットのインタフェース(ボタン)を操作して同行人数や携帯品(自転車など)を申告でき、追加料金の支払いも可能となっている。

図表 2- 24 ALLFA チケットの利用イメージ



出所 : Be-In-Be-Out Payment Systems for Public Transport (参考文献[2-1])

- 不正乗車対策
検査員が不定期に乗車して、検札を実施する。利用者の ALLFA チケットのディスプレイから支払い済みかどうかを確認することができる。

- ・ 乗降時間が短縮できる要素

バス乗降時に、支払やチケット提示が不要なため、乗降時間は極限まで削減できると考えられる。

③ 課題

チケットのデータプロテクションへの懸念や、チケットの利用方法/料金体系を利用者に周知する必要があること、距離や乗換に応じたすべての料金体系/計算が必要で移行が困難であることなどが挙げられる。

④ 考察

日本国内ではすでに Suica 等の交通系 IC カードが広く浸透しており、プリペイドの仕組みとして交通系 IC カードを活用し、車内での(いるだけで)決済として同様の仕掛けをアドオンすることができると考えられる。

国内バスの多くは乗車口と降車口を分けているケース、乗車時に整理券を必要とするケース(もしくは IC カードを要求)が多いが、両方の出入口を大きく改修することなく、かつ乗降時に立ち止まる必要もなくなるため、乗降時間の短縮につながる。

また、このようなチケットシステムが普及するには、幅広く利用可能なことが不可欠である。現時点では交通系 IC カードによる決済が十分に普及しているため、IC カードのタッチを求める現行方式以上に普及させるためには、交通系 IC カードの導入コストと比べてさらに低コストにする必要がある。この対策として、ALLFA システムでは車内システム、料金計算システム、および料金回収システムが一体となっていたが、これらを個別に導入し、それぞれ標準化(あるいは既存の仕組みを最大限に活用)することで実現できるのではないかと考えられる。

一方で、ALLFA チケットのような仕組みは、明示的なアクションを必要としないため、検札の実施についても考慮する必要がある。

<実証の結果と Handy Ticket>

ALLFA チケットは非常に有用なシステムではあったが、前述のように課題もあり、実用化には至らなかった。

現在は、Handy Ticket という、スマートフォンのアプリケーションを利用したチケットが導入されている。Handy Ticket は、試験運用を経て 2010 年 11 月から運用されている。スマートフォンから事前にチケットを購入し、乗車時は必要に応じて検札官にスマートフォンの画面に QR コードを表示させることで、チケットの購入を証明する

仕組みとなっている。2014年時点で登録者数は3,300万人にのぼり、約40%の普及率となっている。

(4) クルジュ＝ナポカ

① 概要

図表 2- 25 事例の概要

場所	クルジュ＝ナポカ/ルーマニア
対象	バス
区間	クルジュ＝ナポカ市内
関係者	クルジュ＝ナポカ市、Travel by Book Initiative

街の人に読書をうながすため、2015年6月4日～7日の3日間ルーマニアの都市クルジュ＝ナポカで「本を読んでいる人はバスが無料」という政策が行われた。移動中に本を読んでいるさえすれば、運賃が無料になるというものである。「クルージュナポカではすでに高齢者や学生が無料で交通機関に乗れる仕組みがあり、読書が他の乗客にも読書欲を誘発する効果があるのであれば、同様に運賃の無料化に値する」とクルジュ＝ナポカ市民であり作家 Victor Miron 氏が市長へ働きかけ、実現した施策である。

図表 2- 26 バス車内での読書



出所：PSFK 「To Promote Reading, A City Gifts Readers with Free Public Transportation」
(<http://www.psfk.com/2015/08/corner-video-store-virtual-reality-popcorn-time-virtual-video-store.html>)

② 仕組みの詳細

・ 料金の支払方法

フィクションやノンフィクション、ハードカバー、ペーパーバックに限らず、市営バスの中で紙の本を読んだ人は運賃が無料となる。(ただし、電子書籍は対象外)

- ・ 乗降時間が短縮できる要素
運賃が無料なため、運賃収受にかかる時間が不要となることで乗降時間が短縮される。

③ 課題

本施策はキャンペーンとして施行されたものであり、期間中の運賃は市の負担となる。

継続実施を検討する場合、例えば本屋とのタイアップ等、推奨したい行動を後押しする（代わりに運賃を負担する）企業/機関の存在が不可欠である。

④ 考察

定常運用において不可欠となる協賛企業の獲得が大きな課題として挙げられる。話題づくり、習慣づくりにおけるキャンペーンとしての運用がより適していると考えられる。

(5) ブレッケンリッジ

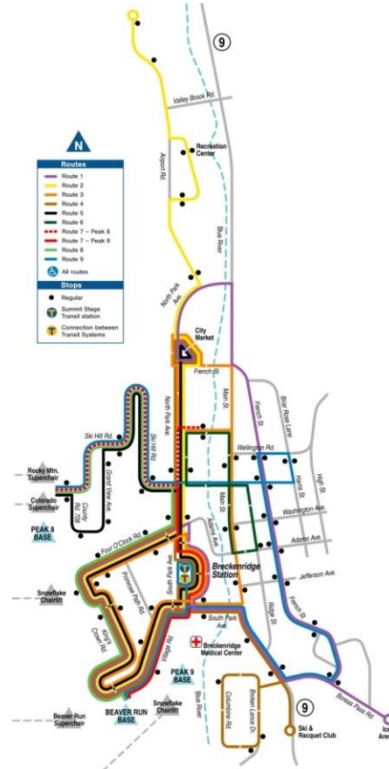
① 概要

図表 2- 27 事例の概要

場所	ブレッケンリッジ/アメリカ合衆国
対象	バス
区間	ブレッケンリッジ市内
関係者	ブレッケンリッジ市、ブレッケンリッジスキーリゾート

freeride とは、ブレッケンリッジ市 (Breckenridge) とブレッケンリッジスキーリゾート (Breckenridge Ski resort) が運営している公共バスである。バスには GPS が搭載されており、「Where's My Bus?」というアプリケーションでバスの現在地をスマートフォン等で確認することができる。各バス停に割り振られたコードを入力することで、バス停への到着時刻も確認できる。また、「Bus Times by Text」という、乗車したいバス停コードを入力すると、SMS で到着予定時刻が送信されるサービスも提供されている。この 2 つのサービスを活用し、バスの待ち時間を減らし、住民だけでなく観光客にもより快適な時間を過ごしてもらうことが目的となっている。

図表 2- 28 路線図



出所 : Breckenridge Ski House

(<http://www.breckenridgeskihouse.com/pop.map-trolley.html>)

図表 2- 29 Bus Times by Text

The advertisement features the 'free ride breckenridge' logo at the top. Below it, the text reads: 'Stop: Breckenridge Mtn. Village North', 'Text BFR 19 to 41411 for estimated arrival times', and '(Standard messaging or data fees may apply)'. It includes the 'Where's My Bus? free ride' logo, the website 'www.BreckFreeRide.com', and a QR code. At the bottom, there is a 'Transit Hotline: (970) 547-3140', 'Twitter Service Alerts @BreckFreeRide', and a 'Handicap Accessible ADA Service Animals Welcome On Board' logo. A 'TRANSITWATCH' logo with the slogan 'Let's count on each other for a safe ride' is also present. A row of icons at the very bottom indicates prohibited items like alcohol, smoking, and pets.

出所 : free ride (<http://breckfreeride.com/index.aspx?page=1500>)

② 仕組みの詳細

- ・ 料金の支払方法

料金は無料となっている。市の一般勘定資金 (town' s general fund) 及び補助金 (米連邦交通局及びコロラド州運輸省)、バス内や Breckenridge 駅の広告収入によって運営されている。また、いくつかの路線については Ski Resort が単独で運営している。

- ・ 乗降時間が短縮できる要素

事前にバスの到着予定時刻を把握することで、時間に合わせてバス停に行き、スムーズに乗車することができるので、駆け込みでの利用者が減少して突発的に乗降時間が伸びる可能性が低くなる。また、運賃が無料のため、運賃収受にかかる時間が不要となることで乗降時間が短縮される。

③ 課題

乗降者がいないバス停は停車しないので、必ず時間までに行く必要がある。また、市及び国、州の資金と広告収入だけで運営しているため、情勢が悪化した場合、運営できなくなることが課題として挙げられる。

④ 考察

資金面、都市部の交通量等を考慮すると日本ではこの仕組みで運用することは困難である。ただし、規模の小さな市町村であれば、公共サービスとして提供することで運用できる可能性もあると考えられる。

(6) <参考> 運賃支払の方法と乗降時間について

米国の TRANSPORTATION RESEARCH BOARD が 2012 年に調査した、運賃の支払い方法毎の乗降時間を図表 2- 30 に示す。

現金支払い (Exact change) の 4.0 秒に対し、IC カード (Smart cards) 支払は 3.5 秒、事前に料金支払 (Prepayment) をしている場合は 2.5 秒と乗降時間が短くなっている。

図表 2- 30 支払方法毎の乗降時間

	<u>Time/Passenger (s)</u>
Prepayment	2.5
Single ticket or token	3.5
Smart cards	3.5
Exact change	4.0
Swipe or dip cards	4.2

出所 : TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (2012) Off-Board Fare Payment Using Proof-of-Payment Verification

2. 1. 3. 運賃収受に用いる認証技術

バス利用者から運賃収受をするためには、利用者の認証が必要である。現状では、バス運転手が支払を目視で確認することで認証しているが、乗降時間短縮のためにはアナログ的な手法ではなく、新しい認証技術を導入することが効果的である。

一般社団法人電子情報技術産業界（JEITA）では、様々な認証技術について調査されている。図表 2- 31 に認証技術の一覧を示す。

図表 2- 31 認証技術一覧 (JEITA 調査資料)

認証技術一覧

○: 適応可
 △: 一部制限あり工夫で適応可
 ×: 適応困難



Rev.0.2

2015.06.04

認証技術	近距離通信メディア						
	WiFi	RFID	Bluetooth	Wireless USB	NFC 非接触ICカード	ZigBee	
主な規格	IEEE 802.11シリーズ	ISO/IEC 18000-63	ISO/IEC 18000-4	IEEE802.15.1シリーズ	Wireless USB Specification 1.0	ISO/IEC 21481	IEEE802.15.4/ZigBee
周波数帯	2.4GHz,5GHz	900MHz帯(UHF帯)	2.45GHz	2.4GHz	3.1GHz~10.6GHz	13.56MHz	920MHz/2.4GHz
認証距離≒通信距離	~0.1km位	~5m	~3m	Class1・100mW(凡そ100m程度) Class2・2.5mW(凡そ10m程度) Class3・1mW(凡そ1m程度)	~10m	~0.01m、~0.07m(RFIDに分類)	~0.5km
送信電力	10mW以下(小電力データ通信システム:日本)	250mW以下: 特定小電力無線局 1W以下: 構内無線局	10mW以下: 特定小電力無線局 300mW以下: 構内無線局	10mW以下(小電力データ通信システム:日本)	?	—	?
端末機器	PC、タブレット、スマホ	RFIDタグ		通常PCに接続。マウス、キーボードのような形式も存在する。	通常PCに接続	非接触ICカード SUICAなど	特殊機器
ART課金について							
心臓ペースメーカへの影響は	○	RFID機器の形態により影響の有無が異なるが、影響がある場合においても総務省のガイドラインに従えば、問題なし。 http://www.soumu.go.jp/main_content/000291801.pdf		○	?	△※制約あり	?
ハンズフリー課金に適しているか(セキュリティなどは、考慮しない)	可能性あり	可能性あり		可能性あり	可能性あり	たぶん不可能。ワンタッチ方式	可能性あり
バス環境における留意事項	現在、横浜市営バス、都バスなどで、すでにサービスが始まっており、植込み型医療機器への影響が少ないとされている。	RFID機器の形態によって配慮が必要な場合とそうでない場合があるが、必要な場合においても総務省のガイドラインに沿えば問題なし。		医療機器に使用されている例(たぶんClass2,3)がある。植込み型医療機器への影響は少ないとされている。	?	すでにバスには、搭載済み。	？ なお、心電図計測機器への応用もありそう。
複数一括認証が可能か乗車人数の把握が可能か	○		○	○	?	×	○
システムの留意事項	端末が高価になる場合が多い	RFIDタグで行えばかなり安価		低消費電力型Bluetoothを使った位置管理システムは、ビーコンから出るIDをスマホなどで受信して、そのIDから、位置情報を携帯電話網や、WiFiを通してセンターに照会する形式。このため、端末は、スマホが一般的。	現在あまり普及していない。	セキュリティも含め、確立した技術。バスのほか、多くの交通システムで、採用済み。	センサーネットワークとして、作られているため、課金システムに使えるかは不明
その他							
セキュリティ、プライバシー	システム設計によって強弱が変わる	システム設計によって強弱が変わる		システム設計によって強弱が変わる	?	システム設計によって強弱が変わる	弱い
活用例等	スマホ、パソコン等	家電、自動車、パソコン、物販、ロジスティクス等		スマホ、パソコン、マウス、ヘッドフォン、ビーコン等		デジタルカメラ、ビデオカメラ、ハードディスクドライブ、DVD機器等	?
端末コスト、等	高め		安い	比較的高め	?	安い	安い
その他特徴、付加価値、等		ISO/IEC 18000-63に関しては、北米を中心とした諸外国(南米も?)において料金徴収システムとしての利用が開始もしくは開始される可能性が高い					

認証技術	生体認証				
	顔認証	音声認証	指紋認証	虹彩認証	静脈認証
主な規格					
認証対象	顔(目と鼻の間隔など。方式は相当するある。)	声紋など	指紋	目の虹彩など	手、指の静脈
認証距離≒通信距離	1mから、数m	1m位	0m	0m	0m
送信電力					
端末機器					
ART課金について					
心臓ペースメーカへの影響は	○	○	○	○	○
ハンズフリー課金に適しているか(セキュリティなどは、考慮しない)	可能性あり	可能性はある。	不可能	不可能	不可能
バス環境における留意事項	可能性はある。	雑音を考えると、たぶん使用できない。	可能性はある。	可能性はある。	可能性はある。
複数一括認証が可能か乗車人数の把握が可能か	将来的には○?	×	×	×	×
システムの留意事項	マスク、メガネ、帽子のほか人間の顔の変化を正確に識別できるかにかかっている。しかしおそらく課金システムに使うには、認識率が低いと思われる。	たぶん、課金システムには使用不可能。	ケガなどによる人体の変化に追従できるか不明。認識時間がかかる可能性がある。	メガネ、ほか人体の変化に追従できるか不明。認識に時間がかかる上、測定装置へ目を固定するのに難しい点が多い。	ケガなどによる人体の変化に追従できるか不明。認識時間がかかる可能性がある。
その他					
セキュリティ、プライバシー	注記参照	注記参照	注記参照	注記参照	注記参照
活用例等	空港セキュリティ等	スマホ、カーナビ等	銀行等	きわめてセキュリティレベルの高い入室等	銀行等
端末コスト、等	端末コストはなし。	端末コストはなし。	端末コストはなし。	端末コストはなし。	端末コストはなし。
その他特徴、付加価値、等					

注記 生体認証には、共通して下記の問題がある。
 1. 課金には、認識率が低い。現状のユーザー番号とPWIに、さらに生体認証と言うのは可能だが、生体認証だけで、課金は、難しい。
 2. 認証媒体を変更できない。指紋のデータが盗まれて、それを悪用されても、自分の指紋を変えることがほぼ不可能

2. 1. 4. まとめ

海外では信用乗車方式が採用されていることが多く、乗降時の運賃収受に伴う乗降時間増加が発生していない。バスに公共性を求め利用者の利便性を重視するという文化的な背景が、信用乗車方式の定着につながっていると思慮される。一方、日本では、事業性に重きを置き、運賃を確実に収受できることを重視する傾向が強いことに留意が必要である。信用乗車を導入するためには、不正乗車をなくすための仕組みを同時に導入することが必要となり、実現には新たな技術の導入が不可欠である。

海外では不正乗車防止のために検札を実施すると共に、高額な罰金が設けられている。しかし、日本では混雑する車両内で検札を実施することは現実的でなく、高額な罰金を設けるには法改正が必要となることから、同様の仕組みで不正乗車を防止することは困難である。また、高額な罰金を設けたとしても、それによる不正防止効果は不透明な部分も大きい。罰金以外で不正を防止する仕組みを導入することが望ましいといえる。

また、バス事業費を利用者以外から確保し、運賃を無料とすることは、乗降時間短縮という目的のみならず、公共交通のあり方の観点からも積極的に検討すべき事項である。

2. 2. 新たな運賃收受の仕組み

2. 2. 1. 運賃收受の仕組みの検討

前節で整理した課題等を踏まえ、路線バスの乗降時間を短縮するために有用な新たな運賃收受の仕組みについての検討結果を示す。

(1) 交通系 IC カードリーダー・ライターの新設

① 概要

乗降時間を短縮するために最も効果的なことは、乗降口を増やすことと、その全ての乗降口から乗車・降車の両方を出来るようにすることである。バスの形状を考慮すると、乗降口を増やすことは現実的ではないが、現状では、2つの乗降口でそれぞれ乗車または降車のどちらかしかできないものを、双方の乗降口で乗車・降車の両方が可能となると、利用者の乗降場所が分散し、車内移動距離も短くなることから、乗降時間短縮に有効であると考えられる。

前方または後方の乗降口のうち、どちらかにしか IC カードリーダー・ライターが設置されていない車両については、リーダー・ライターを増設することで、双方の乗降口で乗降を可能とする。

距離別の料金など、既に双方の乗降口にリーダー・ライターが設置されている車両については、どちらのリーダー・ライターにタッチしても乗車/降車を認識して、利用者毎の料金の支払を可能とするすることで、機器の追加投資なしに双方の乗降口で乗降が可能となる。

図表 2- 32 PASM0 のリーダー・ライター (左：前方乗降口、右：後方乗降口)



出所：山梨交通 (<http://yamanashikotsu.co.jp/PASMO/pasmo2.htm>)

② 留意事項

- ・ 社会受容性や日本人の商習慣との合致
既存の運賃收受の仕組みの応用であり、違和感なく受け入れられると考えられる。

- ・ 利用者の利便性
支払可能箇所が増えるので、利用者の利便性は向上する。特に、降車時においては、近くの乗降口を選んで降車することができるため、車内移動のストレスも低減する。
- ・ 外国人観光客など、利用頻度の低い利用者への配慮
現金での支払は、現状通りに運転席横の現金箱に投入することで、利用頻度の低い利用者も迷うことなく支払いができる。
- ・ 許認可や法整備の必要性
既存のシステムを活用するため、新規に許認可をとることや、法整備の必要はない。
- ・ 導入コスト
交通系 IC カードリーダー・ライター未設置の乗降口に、新規に設置するコストがかかる。距離別料金の路線については設置済のため、追加コストはかからない。
想定コスト：車両一台あたり 15～20 万円程度
- ・ セキュリティ
現行システムと同等のセキュリティが維持される。
- ・ 導入の難易度
事業者の運用変更で対応可能である。現在利用されている機器・システムを使うため、実績も十分あり、導入は容易である。

(2) 交通系 IC カード以外の NFC を利用した決済

① 概要

交通系 IC カード以外の NFC にも対応したリーダー・ライターを乗降口に設置し、利用者は乗降時に任意の電子マネーをリーダー・ライターにタッチして乗車する。全ての乗降口に設置することで、利用者の乗降場所が分散することにより、乗降時間の短縮が見込める。

② 留意事項

- ・ 社会受容性や日本人の商習慣との合致

交通系 IC カード以外の電子マネーも広く普及しており、違和感なく受け入れられると考えられる。

- ・ 利用者の利便性

利用者は交通系 IC カードに限らず、任意の電子マネーで支払いが出来るようになるため利便性は向上する。また、1つのリーダー・ライターで全ての電子マネーに対応し、支払時に利用する電子マネーを選択しなくても、リーダー・ライター側が識別できるようにになるとさらに利便性が向上する。(ただし、交通系 IC カード以外については、利用する電子マネーの選択による支払意思の明示行為なしに決済することには課題がある。)

- ・ 外国人観光客など、利用頻度の低い利用者への配慮

将来的には非接触型クレジットカード (EMV コンタクトレス) に対応したリーダー・ライターを導入することで、外国人観光客などは日本円の現金を所持していなくてもキャッシュレスで乗車できるようになる可能性もある。

- ・ 許認可や法整備の必要性

システムの構成による。

- ・ 導入コスト

乗降口に新規にリーダー・ライターを設置する費用がかかる。

想定コスト：車両一台あたり 30～40 万円程度

- ・ セキュリティ

NFC のセキュリティに準じる。

- ・ 導入の難易度

事業者の運用変更で対応可能である。交通以外では十分な実績もあり、導入は容易と考えられる。

(3) 電界型 NFC による決済

① 概要

人体通信を利用して、既存の IC カードリーダー・ライターにタッチする際に、磁界/電界変換を行うことで、IC カードを出さなくても、体の任意の部分（手など）を触れることで、料金の支払いが可能となる。さらに、既存の交通系 IC カードリーダー・ライターをそのまま利用する方法だけでなく、専用アンテナを車内の複数箇所に配備することで、乗降口以外での支払も可能とすると、乗降時に運賃支払をせずに素通りすることができるようになるため、更なる乗降時間短縮が実現される。

図表 2- 33 専用アンテナのイメージ



図表 2- 34 人体通信の運賃支払ポイント拡張のイメージ



例えば、図表 2- 33 のように、乗降口付近の手すりの一部を活用してアンテナ化す

ることで人体通信用の運賃支払ポイントを整備することができる可能性もある。また、図表 2- 34 のように、車内のあらゆる箇所での運賃支払を可能とすることや、手などで触らなくても、足を通して乗降時に自動的に運賃支払を実現することも可能となる。（※ただし、現時点では将来に向けたアイデアレベルの仕組みである。車内のどの部分を支払箇所とするかや、インタラクションデザインは、後述の検閲の仕組みとの兼ね合いも踏まえ、技術面・運用面両方の詳細な検討が必要である。）

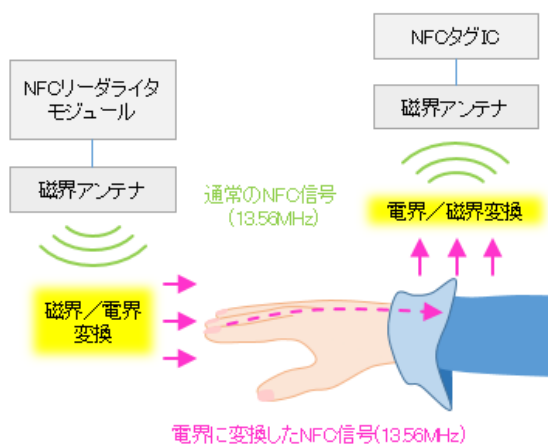
■人体通信を実現する技術（出所：eNFC（<http://enfc.jp/>））

電界型 NFC (Electric Near Field Communication)

磁界を電界に変換して、データと電力を誘電体（人体）経由で伝送する技術。伝送効率を大幅に改善し、非接触 IC カードを直接近づけると同程度の伝播損を実現し、世界で初めて、バッテリーレスのパッシブな人体通信に成功している。

様々な人体通信の仕組みのうち、通信性能、コスト等あらゆる観点から、実用化の可能性が高いといえる。

図表 2- 35 電界型 NFC の概念



図表 2- 36 従来の NFC と電界型 NFC の利用イメージ



② 留意事項

- ・ 社会受容性や日本人の商習慣との合致

人体通信は安全な技術ではあるが、心理的な抵抗感を示す人も一定数いると想定される。今後、実証実験等を通じた検証により、更なる安全性の確認がなされることが望ましい。ただし、当面は既存の運賃収受の仕組みを撤廃して人体通信に一本化することは現実的ではなく、既存の支払い方法を選ぶこともできるため、技術への抵抗感の問題とならない。

- ・ 利用者の利便性

IC カードを出さなくても体を触れるだけで支払が可能のため、利便性が大きく向上する。また、支払可能箇所が増えれば、乗降時に限らず支払が可能となるため、さらに利便性は向上する。

- ・ 外国人観光客など、利用頻度の低い利用者への配慮

人体通信を利用した支払は、日本国内のみでの利用となり、外国人は IC カードと専用ホルダー購入しないと利用できない。

- ・ 許認可や法整備の必要性

既存の IC カードリーダー・ライターを利用する範囲内では、新規に許認可をとることや、法整備をする必要はない。ただし、車内にアンテナを設置するためには、電磁両立性にも考慮が必要であり、ECE R10 に準拠することも求められる。

- ・ 導入コスト

車両に専用アンテナを設ける場合は、その設置コストがかかる。また、乗客は磁界／電界変換のためのリストバンド等の簡素なタグが必要となる。

想定コスト：1 個あたり数百円

- ・ セキュリティ

既存の NFC と同等のセキュリティが担保される。

- ・ 導入の難易度

利用に特段の制約はないので、導入の難易度は高くないといえる。ただし、新しい技術であるため実績がなく、業界基準認証の取得や安全面での検証など利便性以外の面で十分な検討が必要である。また、利用方式の拡大には決済事業者との調整が必要となる。

(4) スマートフォンの QR コード表示による決済

① 概要

利用者は、スマートフォンに専用アプリケーションをインストールし、決済情報を登録する。アプリケーションからチケットを事前に購入し、乗車時にはスマートフォンに QR コードを表示させ、バス乗降口に設置した QR コードリーダーにかざすことで認証する。全ての乗降口で本システムを利用することにより利用者の乗降場所が分散し、乗降時間の短縮は望めるが、QR コードをかざして認証する行為は IC カードのタッチと比較してやや時間がかかるので、現金利用者がこの仕組の利用者にシフトしない限り効果は小さい。また、全ての利用者がこの仕組で料金を支払うようにすることは現実的ではないため、既存の支払の仕組みに追加することが前提となる。

② 留意事項

- ・ 社会受容性や日本人の商習慣との合致
QR コードの利用は、航空券などバス以外の交通機関で既に利用されている仕組みであり、容易に受け入れられると考えられる。
- ・ 利用者の利便性
交通系 IC カードを利用する場合と比較して、事前にチケットを予約する手間や、乗降時にスマートフォン等の操作が必要となるため、利便性は低い。
- ・ 外国人観光客など、利用頻度の低い利用者への配慮
専用アプリケーションの周知や外国語対応が必要となる。利用頻度が低い場合、アプリケーションのインストールや決済情報の登録といった手間を避け、現金や IC カードといった既存の支払方法を選択される可能性が高い。
- ・ 許認可や法整備の必要性
新規に許認可をとることや、法整備をする必要はない。
- ・ 導入コスト
車両の乗降口へ設置する QR コードリーダーの費用に加え、システム開発費がかかる。利用者数が相当数とならないかぎり、費用対効果が見込めない。
- ・ セキュリティ
他の交通機関でも利用されているシステムであり、セキュリティの懸念はない。

- ・ 導入の難易度

事業者の運用変更で対応可能である。現在利用されている機器・システムを使うため、実績も十分あり、導入は容易である。ただし、実績はあるものの、路線バスの支払には高い即時性のが求められるため、QR コードの読み取り時のエラー率が十分に低く、実用的であることが導入の条件となることに考慮は必要である。

(5) スマートフォン・タブレットの通信機能（Bluetooth）を利用した決済

① 概要

利用者は、スマートフォンに専用アプリケーションをインストールし、決済情報を登録する。乗車後にアプリケーションを起動し、バス車内に設置したアンテナとBluetoothを利用した通信で運賃を支払う。乗降時に支払行為が不要なため、乗降がスムーズとなり、乗降時間を最大限に短縮することができる。ただし、全ての利用者がこの仕組みで料金を支払うようにすることは現実的ではないため、既存の支払の仕組みに追加することが前提となる。

② 留意事項

- ・ 社会受容性や日本人の商習慣との合致
新たな支払のシステムのため、Bluetoothを通して支払が行われることに抵抗感を持たれることが懸念される。
- ・ 利用者の利便性
バス乗降時の支払行為が不用とはなるが、乗車時のアプリケーション操作が必要となるため、利便性が向上するとは言いがたい。
- ・ 外国人観光客など、利用頻度の低い利用者への配慮
専用アプリケーションの周知や外国語対応が必要となる。利用頻度が低い場合、アプリケーションのインストールや決済情報の登録といった手間を避け、現金やICカードといった既存の支払い方法を選択される可能性が高い。
- ・ 許認可や法整備の必要性
Bluetoothを利用して決済を行うことについて、新規に許認可が必要となることが想定される。
- ・ 導入コスト
車両内に通信アンテナを設置する費用に加え、多大なシステム開発費がかかる。利用者数が相当数とならないかぎり、費用対効果が見込めない。
- ・ セキュリティ
決済情報がBluetoothを利用した通信に乗るため、通信がセキュアであることを担保するための調査・検討が必要となる。
- ・ 導入の難易度

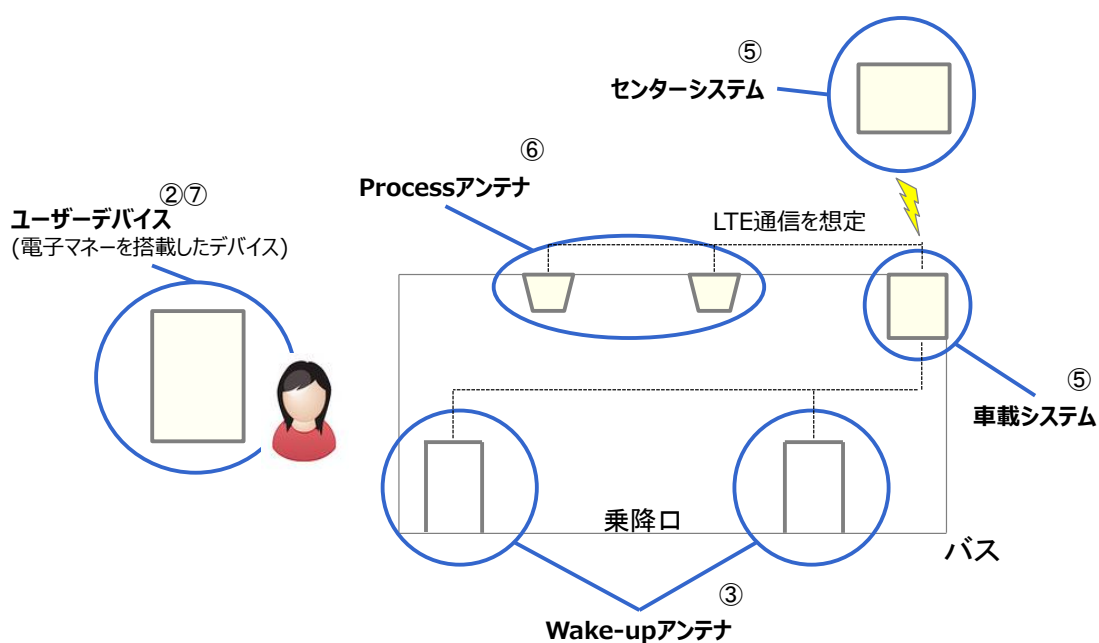
スマートフォンの Bluetooth には多くの実績があり、技術的な難易度も高くはないが、コスト、制度について実現までの課題が多く、導入は困難である。

(6) RFID を利用した専用デバイスを利用したハンドフリー決済

① 概要

RFID を利用して、乗降口に設置したアンテナから専用のユーザーデバイスを起動し、乗車後に車内のアンテナから料金を収受することで、利用者の行動なしでの支払を実現する。全ての乗降口で本システムを利用することで、利用者の乗降場所が分散すること、乗降時に支払行為が不要なため、乗降がスムーズとなり、乗降時間を最大限に短縮することができる。ただし、全ての利用者がこの仕組みで料金を支払うようにすることは現実的ではないため、既存の支払の仕組みに追加することが前提となる。

図表 2- 37 ハンドフリー決済システムの構成



- ① バスが停車する
- ② 利用者がユーザーデバイスをもってバスへ乗車する
- ③ Wake-up アンテナからユーザーデバイスを起動する
- ④ バスが発車する
- ⑤ 車載システムは、センタサーバへユーザーデバイスの有効性を確認する
- ⑥ Process アンテナを通して、ユーザーデバイスに運賃合計額を送信する
- ⑦ ユーザーデバイスでは、運賃支払がされたことを表示する

② 留意事項

- ・ 社会受容性や日本人の商習慣との合致

料金支払いの行わないため、支払意識の定着に時間がかかることが懸念される。

- ・ 利用者の利便性

料金支払に必要な行為が全くなくなるため、利用者は料金支払を意識する必要がなく、利便性は大きく向上する。

- ・ 外国人観光客など、利用頻度の低い利用者への配慮

利用頻度が低い場合、ユーザーデバイスを利用する利点がないため、現金や IC カードといった既存の支払い方法を選択される可能性が高い。ただし、クレジットカードを利用可能とすることで、外国人の利便性は向上する可能性もある。

- ・ 許認可や法整備の必要性

新規デバイス、アンテナ、電波利用について、新規に許認可が必要となることが想定される。

- ・ 導入コスト

バスへのアンテナ設置とユーザーデバイスの開発、制作コストに加え、システム開発費が必要となる。

想定コスト：

ユーザーデバイス 1 個あたり 3,000 円程度

車内機器 1 台あたり 80 万円程度

- ・ セキュリティ

新規デバイスーアンテナ間に決済情報の通信が発生するため、デバイスおよび通信の双方がセキュアであることを担保するための調査・検討が必要となる。

- ・ 導入の難易度

RFID そのものには多くの実績があり、技術的な難易度も高くはないが、コスト、制度について実現までの課題が多く、導入は困難である。

(7) 生体認証（顔認証）を利用した決済

① 概要

利用者は予め顔情報と決済情報を登録する。バス乗降口にカメラを設置し、利用者の乗降を識別して自動的に課金する。全ての乗降口で本システムを利用することで、利用者の乗降場所が分散することと、乗降時に支払行為が不要なため、乗降がスムーズとなり、乗降時間を最大限に短縮することができる。ただし、全ての利用者がこの仕組みで料金を支払うようにすることは現実的ではないため、既存の支払の仕組みに追加することが前提となる。

② 留意事項

- ・ 社会受容性や日本人の商習慣との合致
顔認証による決済という新しい仕組みであることと、料金支払いの行為がないため、支払意識の定着に時間がかかることが懸念される。
- ・ 利用者の利便性
料金支払に必要な行為が全くなくなるため、利用者は料金支払を意識する必要がなく、利便性は大きく向上する。
- ・ 外国人観光客など、利用頻度の低い利用者への配慮
仕組みの周知や外国語対応が必要となる。利用頻度が低い場合、顔情報や決済情報の登録といった手間を避け、現金やICカードといった既存の支払い方法を選択される可能性が高い。
- ・ 許認可や法整備の必要性
顔認証システムを利用した決済について、新規に許認可が必要となることが想定される。
- ・ 導入コスト
カメラ、車載機の費用とシステム開発費がかかる。
- ・ セキュリティ
顔認証システムの設計や認識率による。
- ・ 導入の難易度
現状の顔認証技術の認識率を考慮すると、顔認証技術だけで課金を行うことは困難であり、短期的な視点からは導入の難易度は高い。

(8) 生体認証（指紋認証・静脈認証）を利用した決済

① 概要

利用者は予め生体情報と決済情報を登録する。バス乗降口に生体認証端末を設置し、利用者は乗降時に端末に指などをかざすことで認証し、課金される。全ての乗降口で本システムを利用することで、利用者の乗降場所が分散することにより、乗降時間の短縮は望めるが、指などをかざして認証する行為はICカードのタッチと比較して時間がかかる可能性もあり、現金利用者がこの仕組みの利用者にシフトしない限り効果は小さい。また、全ての利用者がこの仕組みで料金を支払うようにすることは現実的ではないため、既存の支払の仕組みに追加することが前提となる。

② 留意事項

- ・ 社会受容性や日本人の商習慣との合致
静脈認証については、銀行などで既に利用されている仕組みではあるが、パスワード等の入力なしに生体情報だけで課金されることに抵抗を感じられることも懸念される。
- ・ 利用者の利便性
ICカードを出さなくても指などをかざすだけで支払が可能のため、利便性が向上する。
- ・ 外国人観光客など、利用頻度の低い利用者への配慮
仕組みの周知や外国語対応が必要となる。利用頻度が低い場合、生体情報や決済情報の登録といった手間を避け、現金やICカードといった既存の支払い方法を選択される可能性が高い。
- ・ 許認可や法整備の必要性
生体認証だけで課金するために、新規に許認可が必要となることが想定される。
- ・ 導入コスト
乗降口に設置する生体認証端末と車載機の設置費用、システム開発費がかかる。
- ・ セキュリティ
生体認証システムの設計や認識率による。生体情報データを盗まれて偽造されることも懸念される。

- ・ 導入の難易度

ケガなどの人体の変化への対応や、現状の生体認証技術の認識率を考慮すると、生体認証技術だけで課金を行うことは困難であり、短期的な視点からは導入の難易度は高い。

(9) 受益者負担による完全見かけ無料化

① 概要

交通税や事業税、企業の通勤費補助、広告費などを活用して、運賃を無料とする。乗降時の運賃収受が発生しないため、検閲の仕組みも不要で、全ての乗降口において乗車・降車が可能となる。乗降時間を最大限に短縮することができる。

② 留意事項

- ・ 社会受容性や日本人の商習慣との合致
運賃無料であることに抵抗感を示す利用者はいないと考えられる。
- ・ 利用者の利便性
料金を支払う必要がないため、利便性は大きく向上する。
- ・ 外国人観光客など、利用頻度の低い利用者への配慮
利用頻度の低い人も、運賃支払が不要なため迷うことなく利用できる。
- ・ 許認可や法整備の必要性
新規の設備やシステムを必要としないため、不要である。
- ・ 導入コスト
バス事態への追加コストはかからないが、地行を継続させるための仕組みづくりのコストは必要となる。
- ・ 導入の難易度
事業性が確保できるまでの調整を行うためには課題が多い。当面は無料となる人に条件を設け、運賃を支払う人と無料の人が共存した状況が現実的と考える。(2. 3. を参照)

2. 2. 2. 運賃収受の仕組みの評価

前節で取り上げた仕組みについて、考察結果をもとに図表 2- 38 のように評価した。

図表 2- 38 運賃収受の仕組みの評価

	交通系 IC カードリーダー・ライター増設	交通系 IC カード以外の NFC	電界型 NFC	スマートフォン+QRコード	スマートフォン+Bluetooth	RFID 専用デバイス	顔認証	指紋 or 静脈認証	完全見かけ無料
仕組みの概要	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	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 による人体通信を利用した運賃収受	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	スマートフォンの Bluetooth を利用して決済	RFID を利用して、専用デバイスで決済	顔認証で決済	指紋または静脈認証で決済	運賃無料
乗降時間短縮度合い	○	○	○	△	◎	◎	◎	△	◎
社会受容性、商習慣	◎	◎	△	◎	△	△	△	△	○
利便性	○	○	◎	△	○	◎	◎	○	◎
外国人観光客など利用頻度の低い利用者への配慮	△	○	△	△	△	○	△	△	◎
許認可や法整備	◎	△	○	○	△	△	△	△	○
コスト	○	○	○	△	△	△	△	△	○
セキュリティ	○	○	○	○	△	△	△	△	○
導入の難易度	◎	○	△	○	△	△	△	△	△
総合評価	◎	○	○	△	△	△	△	△	△

なお、便宜上全ての仕組みを横並びにして評価しているが、それぞれの仕組みは個別にしか導入できないものではない。例えば、交通系 IC カードリーダー・ライターの増設を施した後、交通系 IC カード以外のリーダー・ライターの導入、さらに電界型 NFC を導入するというように、段階的に導入し、利用者の利便性を高くしていくことが可能である。このことから、総合評価は仕組みごとの相対評価として優劣をつけるのではなく、時間軸も考慮した実現可能性の観点から評価している。

また、新たな仕組みは現状の仕組みに追加する形で導入することが望まれる。将来的には現金利用者がいなくなることが理想的とは言えるが、現時点では、平等性の観点から現金利用による乗車を排除することは難しい。

2. 3. 見かけ無料化の方策の検討

バスの運賃を利用者が直接支払うのではなく、利用者以外の受益者が間接的に運賃を負担することで、利用者はバス乗車時には運賃を支払わない仕組みを導入することは、バス乗降時に運賃収受を伴わないため、乗降時間の短縮に効果が見込まれる。この仕組みのことを、「見かけ無料化」と呼ぶこととする。

見かけ無料化は、次のような枠組みで実現可能となることが想定される。

図表 2- 39 見かけ無料化の方策（例）

対象者	概要
イベント参加者	スポーツ、コンサート、展示会など大規模なイベントへの参加者は、イベント事業者が利用者の参加費を原資としてバス事業者に運賃相当額を負担し、利用者は一定期間当該バス事業者の運営する路線バス利用料を無料とする。
店舗利用者	特定の店舗が販促費用としてバス事業者に運賃相当額を別途負担し、店舗利用者は当該バス事業者の運営する路線バス利用料を無料とする。
従業員	特定の企業が従業員の通勤費としてバス事業者に運賃相当額を別途負担し、従業員は通勤エリアのバス利用料を無料とする。

具体的に想定される方策としては、2020 年に開催される東京オリンピックにおいて、オリンピックチケット所有者のバス利用料を無料とするといったことが挙げられる。オリンピック期間において、会場周辺のバス利用者は、オリンピックチケットを所有している割合が高くなるので、バス乗降時の運賃収受が減少し、乗降時間短縮に寄与することが期待される。

見かけ無料化が広く浸透することで、バス事業者としては収益の安定化につながり、利用者は運賃支払を意識せずにバスを利用できるため、利便性が向上する。

一方、見かけ無料の利用者と、一般の利用者は混在した状況となるため、見かけ無料の利用者と一般の利用者を識別し、一般の利用者からは確実に運賃収受を行う仕組みを導入することが必要となる。

2. 4. 検閲の仕組み

2. 4. 1. 検閲の仕組みの必要性

新たな運賃収受の仕組みを導入し、バス中央部の乗降口など運転手が直接確認することの難しい場所で乗降が発生する場合、運転手は鏡やカメラを利用するなどしてバス利用者が料金を支払っていることを確認することとなるが、全ての利用者を確実に確認することは難しい。また、見かけ無料化が導入されると、確認作業はさらに複雑となり、運転手のみによる確実な確認を重視すると、乗降時間が長くなり、乗降時間短縮という目的から逆行することにもなりかねない。このため、運転手に代わる新たな検閲の仕組みを導入し、確実に運賃収受を行えることが望まれる。本節では、具体的な検閲の方法について検討する。

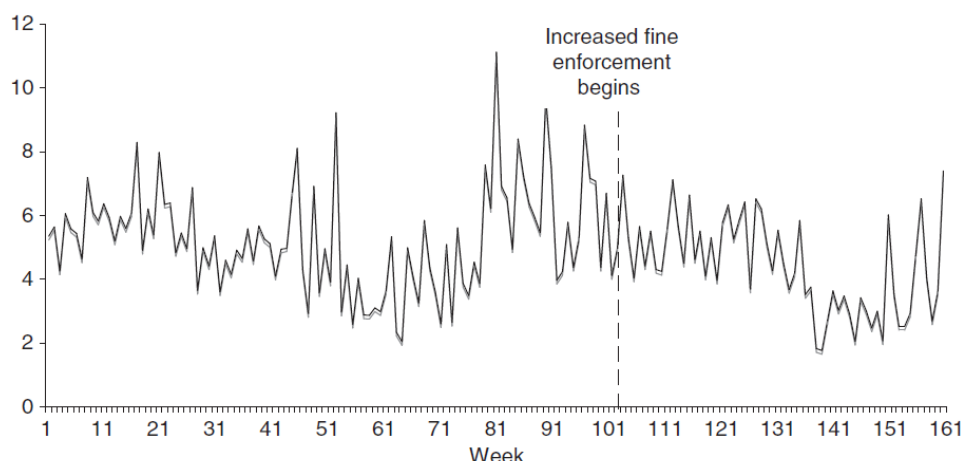
2. 4. 2. 検閲の仕組みの検討

(1) 検札官による検閲

最も一般的な検閲の仕組みとして、欧米などで広く実施されている検札官による検閲がある。バスに不定期に検札官が乗車し、乗客が運賃を支払っていることを確認する。ICカード利用者はカードの履歴を取得、見かけ無料利用者は該当するチケットなどの所有状況を確認することで、不正乗車されていないことを確認する。

図表 2- 40 に、エドモントン（カナダ）の LRT において、検札の頻度が不正乗車率に与える影響を調査した結果の図を示す。検札の頻度が変わっても、不正乗車率が変化するという傾向は見られない。

図表 2- 40 検札頻度と不正乗車率の関係



出所 : Ronald V. Clarke, Stephane Contre and Gohar Petrossian (2010) Deterrence and fare evasion: Results of a natural experiment

※エドモントンの LRT の利用料金は\$3.25 に対し、ペナルティ料金は\$110（当時）で 34 倍となっていた。（現在のペナルティ料金は\$250 に増額されている。）

全ての車両に検札官を配備し、検閲を実施することは人件費の観点から現実的ではない。一定の不正を許容するということを前提とし、上記の調査結果から検札が実施されており、検挙されると罰金を払わなければならないという事実が重要であり、検札に過剰な人数をかけても、不正防止効果が向上することはないと思慮される。

検札官による検閲を実施するためには、検札官の人件費と、不正摘発による収入とのバランスを考慮した適切な頻度での検閲実施が求められるが、事業性を考えると課題の多い仕組みである。

また、混雑時には検札を実施することは現実的には不可能であり、混雑時を狙った不正乗車が発生する可能性にも留意が必要である。

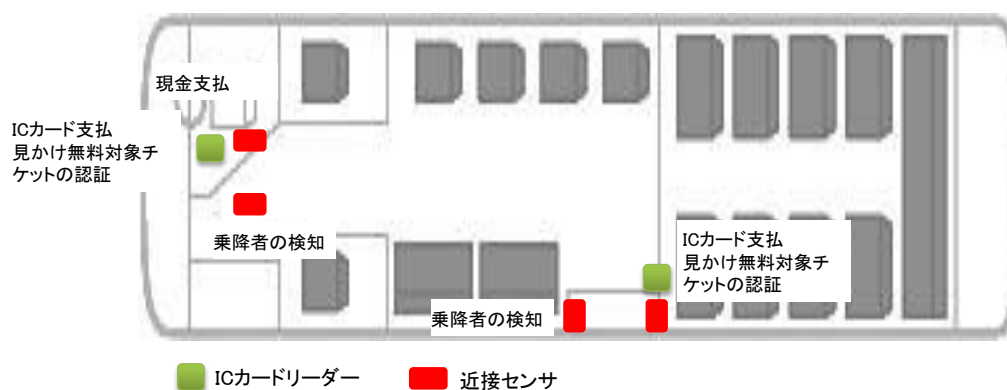
(2) 近接センサーによる検閲

乗降口に近接センサーを設置することで、乗降状況と支払状況・見かけ無料対象者の認証状況を照合することで、不正利用者を検知する。

① 近接センサーと Felica 認証の併用

乗降口に近接センサーを設置し、乗降状況と支払状況（現金の支払、IC カード支払）を照合することで、不正利用者を検知する。また、見かけ無料化の対象者には、Felica チップを搭載したチケットを配布し、一般の利用者と同様に、IC カードリーダー・ライターにチケットをタッチすることで、認証を行う。支払・認証のどちらも行わずに乗車した人を検知した場合は、エラー音を発し、支払・認証を促す。

図表 2- 41 配置のイメージ



○想定される導入コスト

見かけ無料対象チケットに搭載する Felica チップ、近接センサー、車載機、その他関連開発費がかかる。

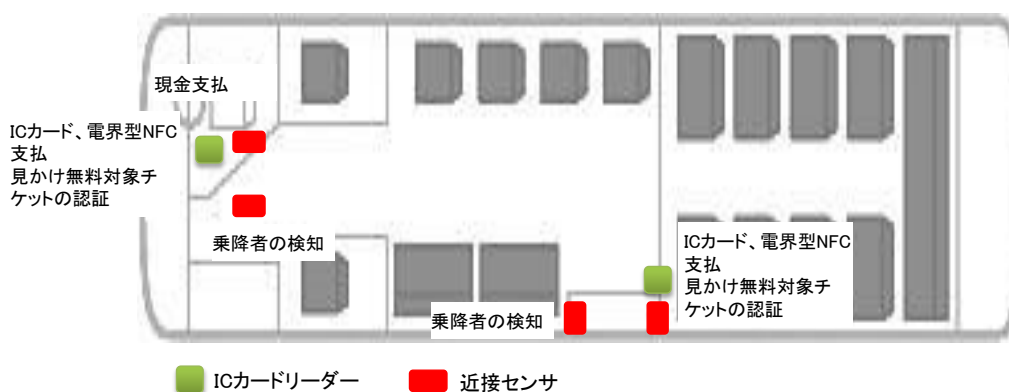
- ・ Felica チップ 1 個あたり 50 円程度
- ・ 車内機器 1 台あたり 20 万円程度
- ・ システム開発費 300 万円程度

② 近接センサーと電界型 NFC 認証の併用

乗降口に近接センサーを設置し、乗降状況と支払状況（現金の支払、IC カード支払、電界型 NFC 支払）を照合することで、不正利用者を検知する。また、見かけ無料化の対象者には、電界型 NFC チケットを配布し、一般の利用者と同様に、IC カードリーダー・ライターに触れることで認証を行う。支払・認証のどちらも行わずに乗車した人を検知した場合は、エラー音を発し、支払・認証を促す。

電界型 NFC チケットは、様々な形状とすることができるが、例えば、大規模イベントでの見かけ無料化を想定した場合、リストバンド型のチケットであれば、イベントチケットと人体通信用の電界型 NFC の双方の観点から、違和感なく受け入れられる形状であると考えられる。機器配置は、図表 2- 42 のようになり、Felica 認証の場合と同様の構成である。

図表 2- 42 配置のイメージ



○想定される導入コスト

見かけ無料対象チケットの電界型 NFC 化、近接センサー、車載機、その他関連開発費がかかる。

- ・ 電界型 NFC チケット 1 個あたり数百円程度
- ・ 車内機器 1 台あたり 20 万円程度
- ・ システム開発費 300 万円程度

③ 近接センサーと RFID タグ認証の併用

乗降口に近接センサーを設置し、乗降状況と支払状況（現金の支払、IC カード支払）を照合することで、不正利用者を検知する。また、見かけ無料化の対象者には、RFID タグを搭載したチケットを配布し、乗車時に RFID アンテナが検知して認証を行う。支払・認証のどちらも行わずに乗車した人を検知した場合は、エラー音を発し、支払・認証を促す。機器配置は、図表 2- 43 のようになり、Felica 認証や電界型 NFC 認証と比較して、チケット認証用に RFID アンテナを追加した構成となる。

図表 2- 43 配置のイメージ



○想定される導入コスト

見かけ無料対象チケットに搭載する RFID タグ、認証用 RFID アンテナ、近接センサー、車載機、その他関連開発費がかかる。

- ・ RFID タグ 1 個あたり 100 円程度
- ・ 車内機器 1 台あたり 80 万円程度
- ・ システム開発費 300 万円程度

コストは高くなるが、見かけ無料化の対象者は、認証のための動作なしで乗車できるため、利便性が向上する。また、認証用として Felica の活用が困難な場合の代案にもなる。

一方で、見かけ無料化の対象者が少ない場合は、認証用 RFID アンテナの利用機会が少なく、費用対効果が懸念される。

(3) カメラによる検閲

乗降口にカメラを設置することで、乗降状況と支払状況・見かけ無料対象者の認証状況と、リアルタイムでの画像解析による乗降状況を照合し、不正利用者を検知する

チケットの認証方式には、(2)近接センサーによる検閲と同様に、Felica 認証、電界型 NFC 認証、RFID タグ認証がある。

高精度な検閲が可能となるが、画像解析システムの開発に多大な費用が必要となるため、コストの観点から(2)近接センサーによる検閲と比較してデメリットが大きい。

○想定される導入コスト

見かけ無料対象チケットに搭載する Felica チップ/RFID タグまたは電界型 NFC チケット、近接センサー、車載機、その他関連開発費がかかる。

- ・ RFID タグ 1 個あたり 100 円程度
- ・ 車内機器 1 台あたり 20~80 万円程度
- ・ システム開発費 1,000 万円以上

2. 5. 試作検証計画・社会実証企画

2. 5. 1. 試作検証計画

(1) 試作計画

バスまたはバスに見立てた空間を仮設し、前節で取り上げた新たな仕組みのうち、低コストで実現可能性の高い交通系 IC カードリーダー・ライターの増設および、近接センサーを利用した認証の仕組みを試作する。

(2) 検証計画

乗降時間短縮率が一定以上（30%以上など）であれば、新たな仕組みの導入効果が十分であると判定する。導入効果が認められた場合は、社会実証実験の候補となる。

具体的には、以下の項目について、検証を実施する。

- 乗車人数、乗降者数、見かけ無料利用者、支払方法を変化させ、乗降時間短縮効果および不正利用者検出率を検証する。
 - 乗車人数
 - ・ 空いている状況（10人）
 - ・ 座席が埋まっている状況（25人）
 - ・ 混雑している状況（40人）
 - ・ 非常に混雑している状況（50人）
 - 乗降者数
 - ・ 乗降者少（乗車2人、降車2人）
 - ・ 乗降者中（乗車5人、降車5人）
 - ・ 乗降者多（乗車10人、降車10人）
 - 見かけ無料利用者
 - ・ 0%
 - ・ 20%
 - ・ 50%
 - ・ 100%
 - 支払い方法
 - ・ 現金
 - ・ ICカード
 - ・ その他（eNFCなど）
- 車両の外部や、乗降口以外にいる利用者を誤って不正検知しないことを確認する。
- 上記検証を通して、新たな仕組みのエラー率を確認し、実現可能性を検証する。

※求められるエラー率について

都営バスを例に考えると、平成 26 年度の、1 系統・1 日当たりの平均乗車人数は 4,465 人であることから、エラー率の目標を 1 系統につき、1 日 1 件以下とすると、 $1/4,465$ 以下が目安となる。

機器そのもののエラー率が目標以上に十分に低いことを前提として、上記の検証においては、1 度もエラーを発生しないことが求められる。

2. 5. 2. 社会実証検証企画

試作検証の結果、新たな仕組みを導入することの効果や安全性が認められた場合には、実際の路線バスに仕組みを導入し、社会実証検証を実施する。検証内容としては以下の項目を想定する。

- 1) 社会実証実施候補路線についての調査を実施
 - (ア)乗降者数
 - (イ)停車時間

- 2) 実際のバス路線に試作機を設置し、バス定時運行性への寄与を評価

- 3) 事前に、当該バス路線の定時運行性を調査する(基準値)
 - (ア)タイムテーブルと、各停留所における発着時間のかい離
 - (イ)乗降客数の変動、天候などによる発着時間への影響

- 4) 試作機を設置し、定時運行性を調査
 - (ア)設置する前と後での発着時間への影響
 - (イ)一人当たり乗降時間への影響

- 5) 調査は、定時運行が難しいと想定される平日の通勤時間帯に実施

- 6) 調査ではビデオ録画も行い、不備や不正防止の改善に利用

【参考文献】

- [2-1] GWT-TUD GmbH (July 2009) “Be-In-Be-Out Payment Systems for Public Transport”
- [2-2] Wolfgang Narzt, Stefan Mayerhofer, Otto Weichselbaum Stefan Haselböck, Niklas Höfler, Johannes Kepler University, Linz, Austria “Be-In/Be-Out with Bluetooth Low Energy:Implicit Ticketing for Public Transportation Systems”
- [2-3] THOMAS F. LARWIN, Lee Engineering, San Diego, California and YUNG KOPROWSKI Lee Engineering, Phoenix, Arizona(2012) ” Off-Board Fare Payment UsingProof-of-Payment Verification”
- [2-4] Ronald V. Clarke a, Stephane Contre b and Gohar Petrossian(2010) “Deterrence and fare evasion: Results of a natural experiment”
- [2-5]岩手県立大学、北日本銀行（平成 17 年 10 月）「バス乗降時間の要因に関する基礎研究」

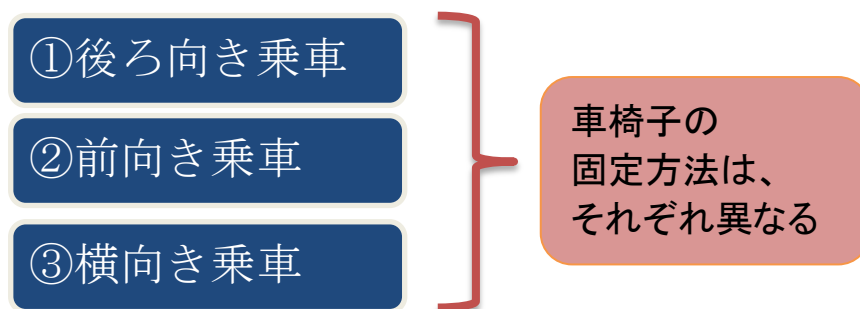
第3章 車椅子利用者自身が操作可能な車椅子固定の仕組みに関する調査検討

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ための仕組みを検討する。

3. 1. 既存最新技術調査と課題抽出

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。

バス内での車椅子の向きは、進行方向に対して【後ろ向き乗車】【前向き乗車】【横向き乗車】に大別される。それにより、固定方法に大きな違いが見られる。



3. 1. 1. 国内事例

(1) 後ろ向き乗車の動向

世界で最も多い乗車方法である。図表 3-1 に示す背当てがバス内に設置されており、車椅子の背を当てる。そして、背当てに付属するシートベルトで車椅子と搭乗者をまとめて固定する。

急ブレーキ時に車椅子が進行方向に飛ばされるのを背パッドで防ぎ、急転回時などで車椅子が斜め前方に振られる力も抑えることができる。また、活動レベルの高いユーザー（切断者・脊髄損傷者や高齢者など 以後 活動レベルの高いユーザー）や介護者付の場合は、運転手の補助なしに固定することができる。

日本では、東京都交通局で 1 台導入されたが、車椅子使用者から受け入れられず、ほとんど使われなかった。

図表 3- 1 後ろ向き乗車用 背当て



出所：TRANSIT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM

図表 3- 2 後ろ向き乗車用背当て 使用例



出所：TRANSIT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM

(2) 前向き乗車の動向

① 3点ベルト固定式

日本では、図表 3- 3 に示す 3 点ベルト固定式が主に使用されている。

平成 18～20 年度の交通エコロジー・モビリティ財団の日本財団助成金事業『車いすの公共交通機関利用時における乗降及び車内安全性に関する研究』により、車椅子の 3 点固定+車椅子利用者の斜めシートベルトの安全性が示され、現在のガイドラインとなっている。

図表 3- 3 日本の 3 点ベルト固定装置



② 2 点固定

大阪市では、バス側の手すりと車椅子を前後でベルト固定する 2 点固定式が導入されている。

③ 現状

実際の固定では、車椅子利用者へ意向を確認し、どのような固定にするか決められている。介助者が居る場合では、1 点ベルト固定も行われている。

3. 1. 2. 海外事例

(1) メーカー

主な車椅子固定装置メーカーは、図表 3- 4 のようにイギリスに多く見られる。

図表 3- 4 主な海外メーカー



(2) 後ろ向き乗車の動向

① Optare 社の 2 階建て車両 (2014 年)

ベルト固定を縦手すりに置き換えた例として、Optare 社の 2 階建て車両 (2014 年) がある。車椅子スペースは、固定ベルトがなく、横 G に対して手すりで止めるという考えが取り入れられている。(図表 3- 5)

図表 3- 5 Optare 社 2 階建て車両の車椅子スペース



出所 : Bus&Coach Buyer 2014

<http://www.busandcoachbuyer.com/solid-metrodecker-performance/>

② 米国 Omnitrans bus 車両 (2015 年)

米国 Omnitrans bus で、複数の車椅子利用者に対応しながら、車椅子固定を簡素化した事例がある。後ろ向き乗車スペースを常時確保し、シートベルト+ハンドベルトで車椅子利用者自身が固定できるようにしている (図表 3- 6)。さらに、折り畳み椅子には、3 点固定用のリトラクターが内蔵されており、固定の工数を削減するように工夫されている。(図表 3- 7)

図表 3- 6 NEW Omnitrans bus 主固定装置



出所：2015.12.2 Omnitrans bus NEWS

<http://www.omnitrans.org/blog/tag/omnitrans-bus-safety/>

図表 3- 7 NEW Omnitrans bus 補助固定装置



出所：2015.12.2 Omnitrans bus NEWS

<http://www.omnitrans.org/blog/tag/omnitrans-bus-safety/>

③ U. S. Department of Veterans Affairs レポート (2011年)

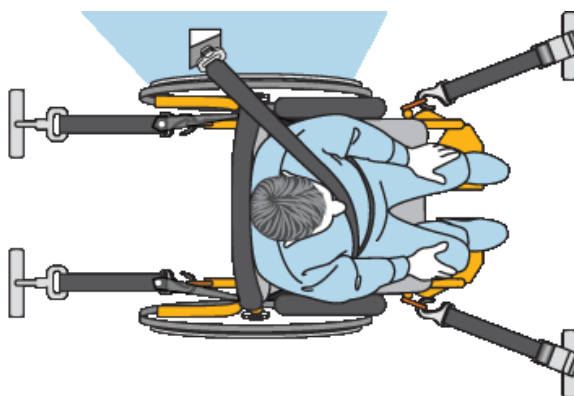
U. S. Department of Veterans Affairs が 2011 年の大規模な輸送車両で 3 種類 (標準型・電動 4 輪・ハンドル型電動車椅子) の車椅子に対する固定システム (4 点固定・アタッチメント固定・新型クイックデバイス) のユーザー評価レポート (User

evaluation of three wheelchair securement systems in large accessible transit vehicles 2011.8.18) を発表している。

A) 4点固定 (図表 3- 8)

日本の3点固定式と同じ前方固定方式。運転手が車椅子を固定する。車椅子利用者自身の固定はできない。

図表 3- 8 4点固定方式



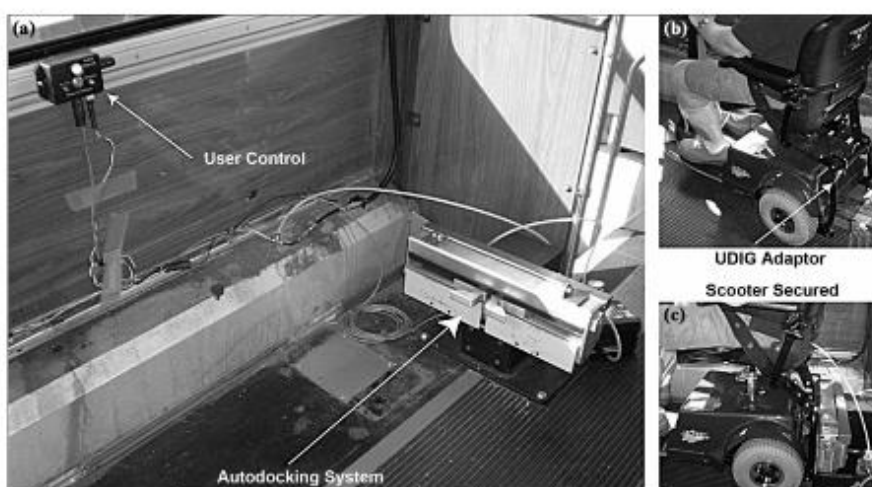
出所 : U.S. Department of Veterans Affairs

B) アタッチメント固定 (図表 3- 9)

シャイルドシートの ISOFIX のような固定装置。車椅子側に固定される部品を取り付け、車椅子利用者自身がが固定位置に車椅子後進させ固定する。電動車椅子向けである。

図表 3- 9 ISO Fix のようなアタッチメント固定式

Figure 5. (a) Autodocking system installed in large accessible transit vehicle. Scooter equipped with universal design interface geometry (UDIG) adaptor (b) backing up and (c) secured by autodocking system.



Van Roosmalen L, Karg F, Hobson D, Turkovich M, Porach E.
User evaluation of three wheelchair securement systems in large
accessible transit vehicles.
J Rehabil Res Dev 2011;48(7):823-38.
DOI:10.1682/JRRD.2010.07.0126



出所 : U. S. Department of Veterans Affairs

<http://www.rehab.research.va.gov/jour/11/487/vanroosmalen487.html>

C) 新型クイックデバイス (図表 3- 10)

車椅子のタイヤを 2 本のアームで側からそれぞれ押さえつけ、固定する装置である。後ろ向き乗車のため、横方向へ動く力を抑えるだけである。車椅子利用者が固定位置まで後進させ、装置の固定ボタンを押すと、アームが作動し、固定される仕組み。車椅子利用者自身が操作可能である。

図表 3- 10 新型クイックデバイス (タイヤを横から抑える)

Figure 6. (a) Rear-facing wheelchair passenger (RF-WP) system with aisle-side arm and wall-side plate and (b) example of manual wheelchair positioned in RF-WP.



Van Roozmalen L, Karg P, Hobson D, Turkovich M, Porach E.
User evaluation of three wheelchair securement systems in large
accessible transit vehicles.
J Rehabil Res Dev 2011;48(7):823-38
DOI:10.1682/JRRD.2010.07.0126



出所 : U.S. Department of Veterans Affairs

○B・Cいずれも、車椅子利用者が操作可能な装置としている。その中でも、新型クイックデバイスの操作性や固定が高い評価を受けている。車椅子利用者自身が自分で固定でき、時間も短い。

④ Q' STRAINT 社「Quantum Securement Station」(2013 年)

上記③項の C で記述したクイックデバイスのような固定装置をカナダの Q' STRAINT 社が 2013 年に商品化している。現在の最新の後ろ向き車椅子固定装置「Quantum Securement Station」である (図表 3- 11)。25 秒以内に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。イギリスで導入事例があるが、まだ実績は少ない。

図表 3- 11 Quantum Securement Station と設置例



出所：Q' STRAINT 社

図表 3- 12 Quantum 設置例 2



出所：Bus&Coach Buyer EYMS takes Quantum leap 2015.9.2

<http://www.busandcoachbuyer.com/eyms-takes-quantum-leap/>

(3) 前向き乗車の動向

① 4点固定ベルト

前向き乗車では、4点固定ベルトが主に使用されている。(図表 3- 13)

University of Michigan Transportation Research Institute (以下 UMTRI)では、複数の固定を組み合わせることで衝突時や転回時の安全性を高めるとしている。

図表 3- 13 4点固定



出所：University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI)

Q' STRAIN 社が 4 点固定式を世界に発売し、前向き乗車の場合のスタンダードとなっている。各社、これに類似したベルトを出している。後ろ向き乗車と比較すると、スペースが小さくて済むことや折り畳み椅子との併用が可能という面で、車椅子の複数台に対応させるときなどにも採用されている。しかし、バスへのベルト内蔵タイプが少なく、【バスにベルト設置】【車椅子の固定】という工数の多さが欠点となっている。

Q' STRAIN 社のベルトは、日本の企業も輸入している。

図表 3- 14 Q' STRAINT 社 4-Point Securement Systems

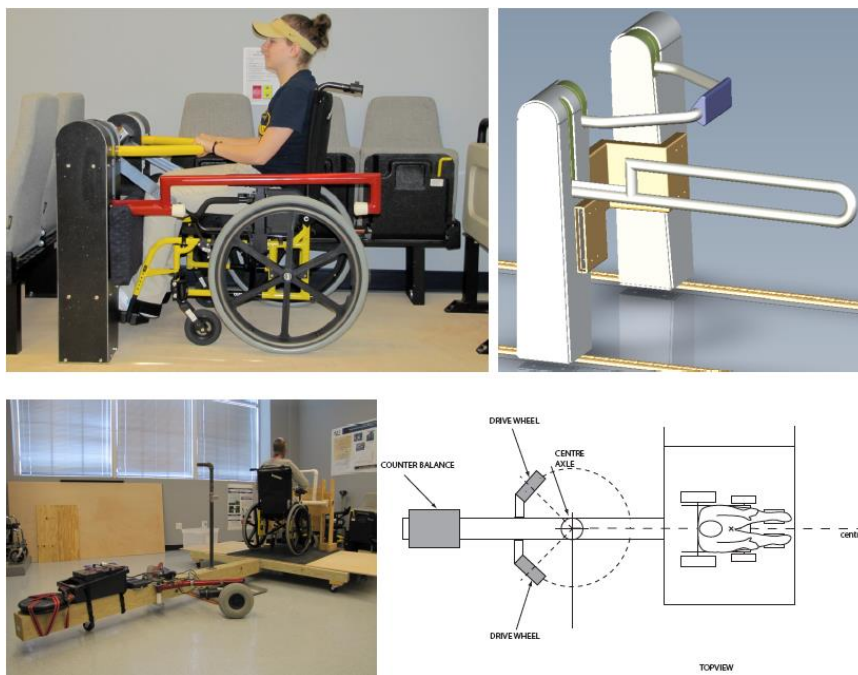


引用：Q' STRAINT 社

② アーム固定式 LINC Design LLC (2013 年)

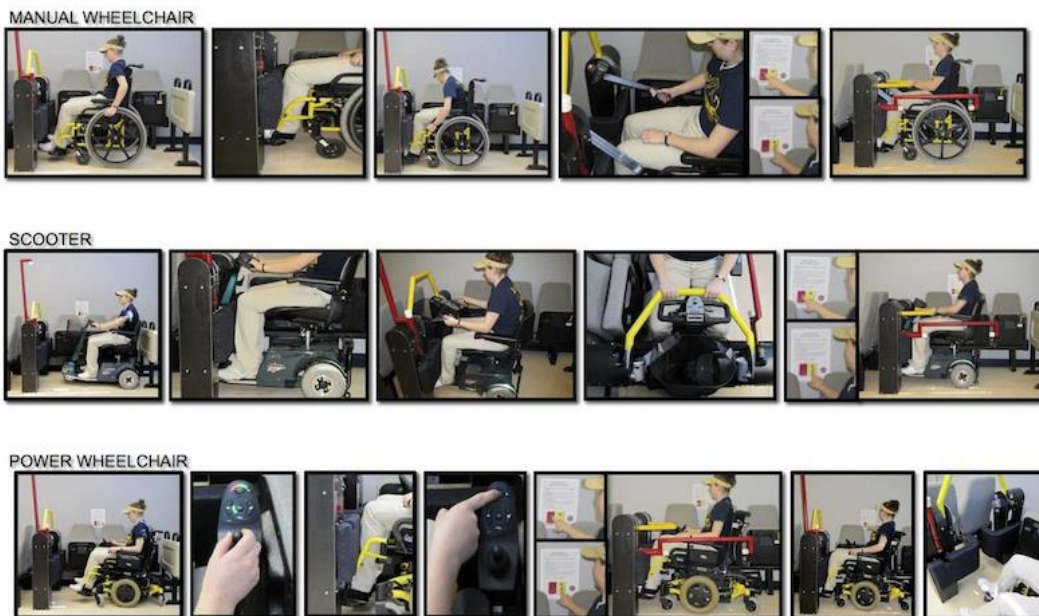
未発売ではあるが、2013 年 7 月 19 日に LINC Design LLC が前向き乗車で車椅子利用者自身が固定できる装置 The BusBuddy を発表した。(図表 3- 15、図表 3- 16) この装置は、手動車椅子や電動 4 輪車椅子・ハンドル型電動車椅子の 3 タイプに対応できるとしている。発表後の動きはまだない。ここで、車椅子利用者自身としているが、内容から上肢でレバー操作などができる自立した又は介助者が居る利用者に限られる。

図表 3- 15 LINC Design LLC の The BusBuddy (2013/7/19) ① ※未発売



出所：TRB 2013 Annual Meeting

図表 3- 16 LINC Design LLC の The BusBuddy (2013/7/19) ② ※未発売



出所：TRB 2013 Annual Meeting

③ 車輪固定タイプ

ベルト以外の固定装置として、片輪を挟み、動かないように固定する装置も存在する。韓国では実用化されている。自動スロープと組み合わせ、車椅子利用者自身が車内で固定できるようにしている。固定は、車椅子スペース付近のボタンで行う。(図表 3- 17)

折り畳み椅子は、バスの乗客が折りたたむという助け合いも行われているようで、運転手の作業は非常に少ない。

しかし、車輪固定装置の利用可否は、車輪の大きさや幅に左右される。

また、日本の電動車椅子には転倒防止装置の標準装備が多く、それが干渉し、使用できなかったという例が報告されている。(図表 3- 18)

図表 3- 17 韓国バスの自動スロープと車輪固定装置



出所：http://liferevolution8.blogspot.jp/2016/01/blog-post_49.html

図表 3- 18 韓国バスの車輪固定装置と電動車椅子の干渉

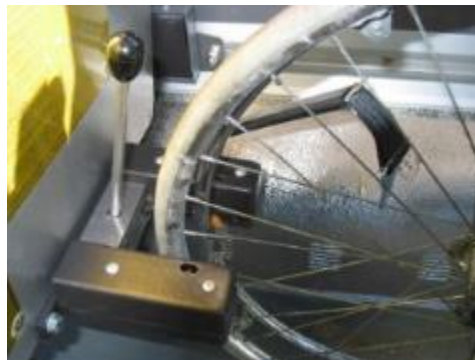


ブログの書き込み引用
これには問題点があって、私の簡易電動車いすでは転倒防止バーがぶつかってしまいタイヤを奥まで入れられませんでした。太いタイヤの電動車いすも入りません。
この装置はタイヤを奥まで入れないと感知してくれないため、この状態ではエアバッグが膨らまず、無意味。
まあ、電動車いすは電源を切っておけば自動ロックがかかるのでタイヤ止めはいらなっちゃあいいんですが周りの乗客が素早く椅子を畳んでくれました。韓国では自ら進んで手助けしてくれる方が多くて嬉しかったです！

出所：<http://liferevolution8.blogspot.jp/p/about.html>

カナダでは、手動式の車輪固定装置がある（図表 3-19）。車椅子利用者自身の固定はできない。

図表 3- 19 カナダの車輪固定装置



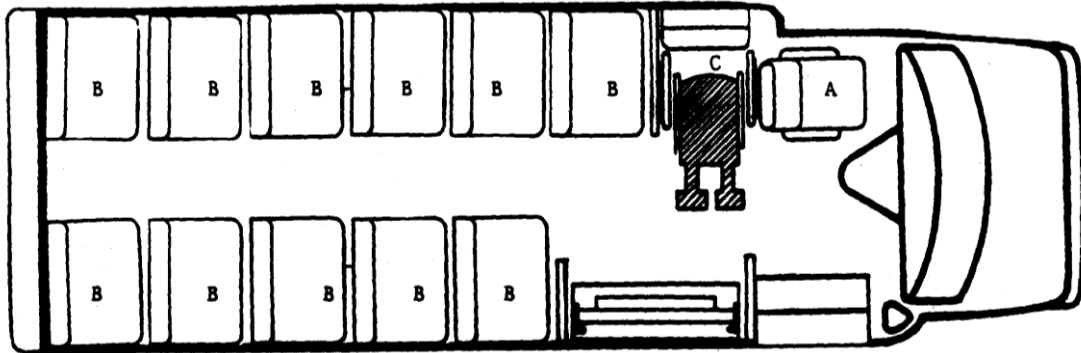
出所：<http://winnipegtransit.com/en/rider-guide/accessible-transit/>

(4) 横向き乗車の動向

横向き乗車は、世界的には最も少ない。アメリカの文献 Handbook for Purchasing a Small Transit Vehicle (1988) に横向き乗車の記載がある。（図表 3- 20）

自動車での車椅子単体の輸送時は車椅子を横向きに乗せることがよくある。横向きに置いた方が自動車のブレーキに対して前後に動きにくいという点がある。しかし、バスへの搭載を考えた場合、車椅子は全幅よりも全長が長いため、横向き乗車では通路幅が確保できなくなる可能性がある。

図表 3- 20 横向き乗車



出所 : Handbook for Purchasing a Small Transit Vehicle (1988)

<http://ntl.bts.gov/DOCS/STV.html>

3. 1. 3. まとめ

世界の動向として、後ろ向きは背パッドに当てる仕組み、前向きは3~4点ベルト固定とまとめることができる。

後ろ向きについては、車椅子利用者自身が操作できるようなハイテクな固定装置から補助ベルトを用いる簡易的なものまで検討が重ねられている。

しかし、日本で主に利用されている3点固定式のようなベルト固定は、巻き取り装置の進化の他、大きな変化はない。また、海外で導入されているバスは【2階建てバス】【2連結バス】が多いため、加速度や転回スピードなどが低いことも固定を簡素化できている要素と考えられる。

3. 2. 新たな方式の仕組み

3. 2. 1. 前提条件の整理

車椅子は、障害度合や活動の目的に応じて多くの種類が存在する。これらすべての車椅子に対応することが最終的なゴールであるが、まずは自立して公共交通機関を利用するような車椅子利用者が、日常的な移動の目的で使用する形態の車椅子を最初の対象に選び、調査検討を進める。車椅子側に何らかの装置が必要となる場合には、既存の車椅子に後付け対応が可能な構造とすることも検討する。

また、前提条件を要素ごとに図表 3- 21 のようにまとめた。

図表 3- 21 前提条件

ARTの加速は電車並み
<ul style="list-style-type: none">・急発進はない。 ⇒急ブレーキと転回のみに着目する。・車椅子利用者のシートベルトは無し。補助手すりや補助ベルトを使用する。
車椅子の固定
<ul style="list-style-type: none">・車椅子が動かない仕組み（前方・斜め前方への慣性に対応）・急ブレーキや転回時に他の乗客に危害を加えない範囲で固定
折り畳み椅子
<ul style="list-style-type: none">・常時折り畳まれている。・乗客が引き出して座る。（現在は運転手が作業している。）
複数台の場合
<ul style="list-style-type: none">・車内の前後左右に分散して設置。
対象
<ul style="list-style-type: none">・自立車椅子利用者・介助者付車椅子利用者
対象外（従来の3点固定を使用する）
<ul style="list-style-type: none">・ハンドル型電動車いす・重度の電動車いす

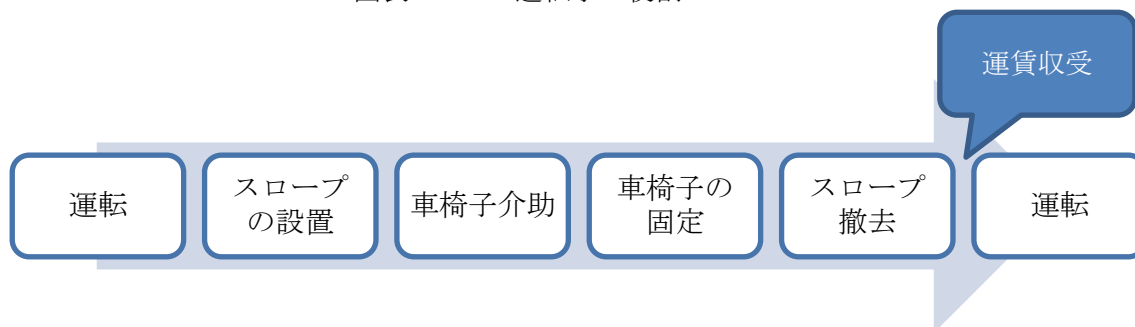
3. 2. 2. 現状把握と課題

(1) 車椅子利用者乗降時の運転手の役割

運転手の役割を改めて整理すると、図表 3- 22 の項目に分けられる。

『運転』『スロープの設置』『車椅子介助』『車椅子の固定』『スロープ撤去』『運転』
これが、運行時間を左右させる要因となっている。

図表 3- 22 運転手の役割フロー



時間短縮を目指す場合、それぞれの要素ごとに簡素化又は省くことを検討する必要がある。要素ごとに解決法を整理すると図表 3- 23 のように考えられる。

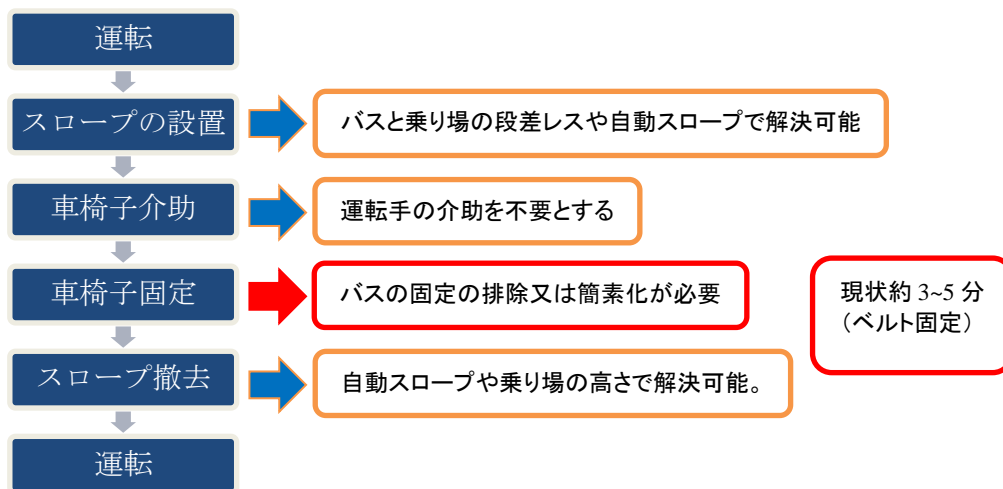
① スロープの設置を自動化する。

歩道のあり・なしをセンサーが検知し、スロープが自動的に設置される仕組みを作る。その際に、はさみ込み防止なども考慮する必要がある。

② 車椅子介助の簡素化

自立している車椅子搭乗者は、自分でバスなどに乗り込めるよう、スロープの傾斜を緩やかにする。車椅子固定装置までの動線を、自立し移動できるように車内の配置を検討する。他の乗客が介助する。など運転手の負担を軽減させることも検討する必要がある。

図表 3- 23 運転手の役割要素分解



③ 現在明らかになっている課題と解決法

A) 自動スロープは普及していない。

バス停の高さが一定でないため、使用できない。設置型スロープは、バス停に定着できない場合、歩道の段差越えの目的にも使用されている。等

B) 車椅子の形状や種類によって、固定場所や取付け寸法が変わる。その種類や形状に対して対応する固定装置の仕組みが必要となる。

日常的に使用される自走用では、図表 3- 24 のような『アクティブ向け』『標準型 (大人・子供)』『中重度向けティルト型』があり、デザインやサイズが様々である。

図表 3- 24 日常用車椅子の種類 (自走用)



介助用も、図表 3- 25 のように寸法や形状、タイヤサイズなど様々である。

図表 3- 25 日常用車椅子の種類 (介助用)



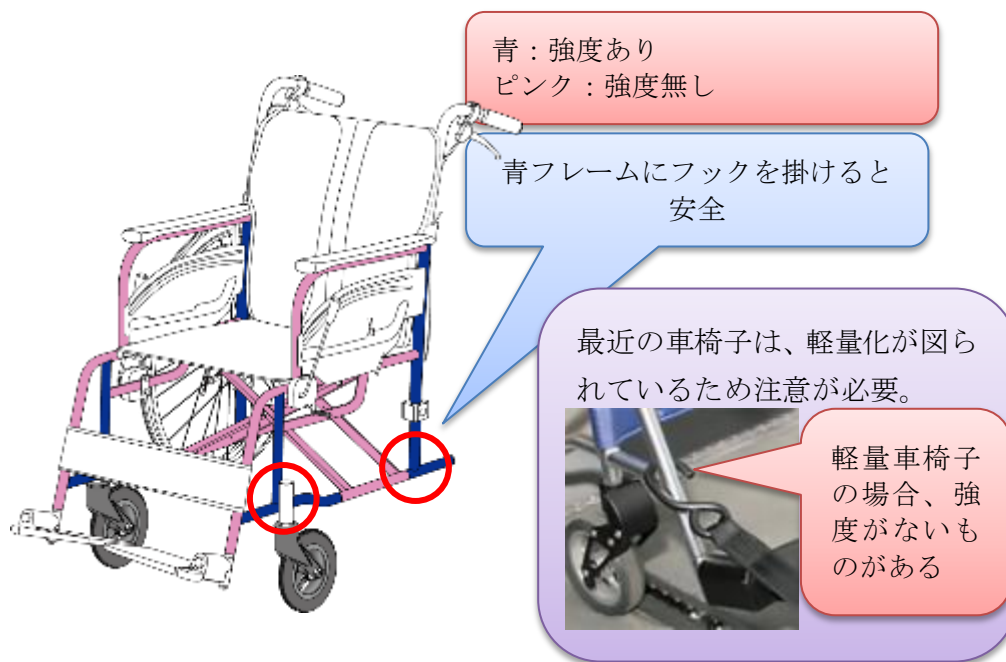
電動車いすでは、図表 3- 26 のように、タイヤの位置からボディ形状・サイズや運転方法など様々な形状があり、ひとくくりにするには容易ではない。

図表 3- 26 日常用車椅子の種類 (電動車椅子)



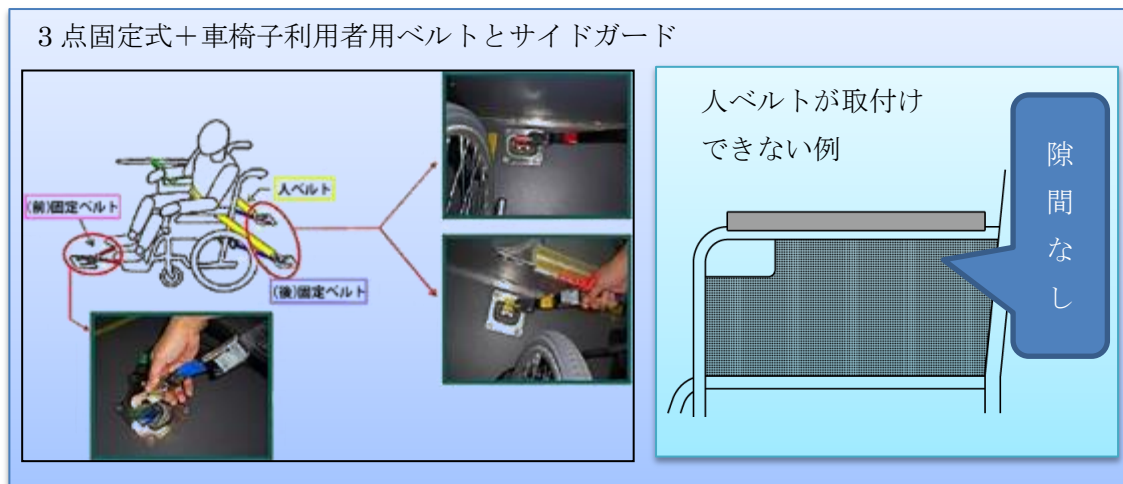
また、最近の日本で流通している車椅子は、軽量タイプが多くなっている。軽量タイプは、走行以外の強度を下げているものが多い。そのため、図表 3- 27 に示すピンク部分は、バスなどへの固定には弱い傾向にある。

図表 3- 27 車椅子の強度



車椅子使用者の斜めベルト固定は、サイドガードなどの形状にも影響される（図表 3- 28、図表 3- 29）。斜めベルトをなくすことも検討する必要がある。

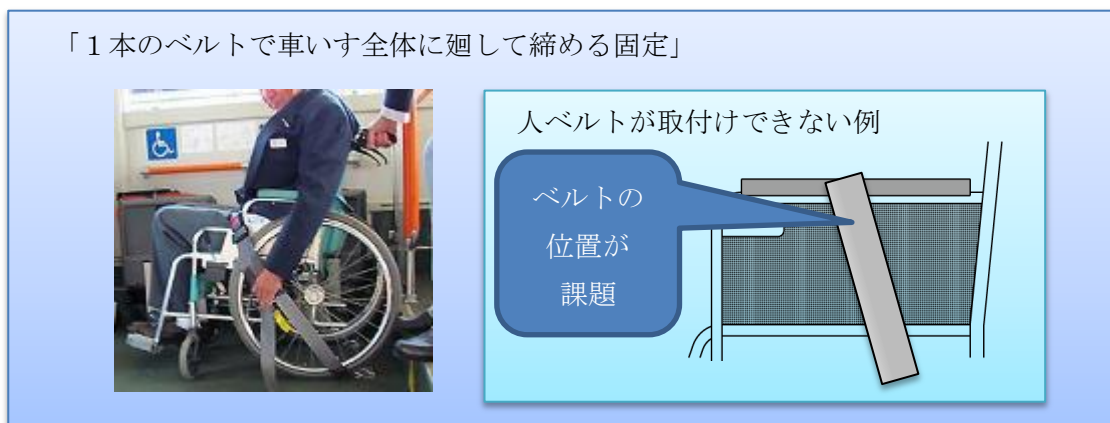
図表 3- 28 車椅子利用者向けシートベルトとサイドガード



課題：車椅子の形状対応
特にサイドガード
※サイドガードの材質や形状によって取り付け場所が変わる

出所：「車いすの公共交通機関利用時における乗降及び車内安全性に関する研究報告書」
（平成 19 年 3 月 交通エコロジー・モビリティ財団）

図表 3- 29 車椅子利用者向けシートベルトとサイドガード2



出所：「車いすの公共交通機関利用時における乗降及び車内安全性に関する研究報告書」
（平成 19 年 3 月 交通エコロジー・モビリティ財団）

さらに、海外製の流行デザインを見ると、3点固定式では危険なものが増えている。図表 3- 30 は、海外の自立ユーザーが使用する車椅子の一例である。フットサポート部分と本体をつなぐパイプが1本少ない。そのため、3点固定は車椅子を破損させる危険性がある。

図表 3- 30 海外の車椅子のデザイン



東京オリンピック・パラリンピックを考慮した場合、外国人が使用する海外車椅子も視野に入れる必要がある。

3. 2. 3. 車椅子固定の新たな仕組みの検討

(1) 検討方法

車椅子固定の排除又は簡素化または、装置の自動化

車椅子の固定を、搭乗者を後ろ向きにし、ベルト固定を単純化・簡素化する方法や、自動固定装置などが考えられる。バスと車椅子固定のガイドラインの将来性に沿った内容と一致している。聞き取り調査の内容と結果を図表 3- 31 に示す。

図表 3- 31 聞き取り調査まとめ

聞き取り調査	交通エコロジー・モビリティ財団 厚生労働省高齢支援課・社会援護局 東京都交通局 大阪市交通局、元豊田都市交通研究所職員 国土交通省自動車局技術政策課国際業務室
--------	---

向きに関して

- ・現状は、前向き乗車が一般的。（後ろ向き乗車は使われなかった）
- ・安全性と簡素化を考えるなら、世界標準の後ろ向き。ただし、義務化などの後押しも必要。
- ・障がい者などユーザーの要望は前向き。

固定に関して

- ・マニュアルは3点固定。（大阪市は2点固定）
- ・現状は、車椅子乗客の意見を聞き、1点ベルト（壁手すりと車いす）も使用されている。

搭載台数について

- ・グループで移動することもあるため、複数台搭載が望ましい。
- ・現状、複数台搭載はめったにない。
- ・最新のバスは、右側に2台の搭載スペースがある。（折り畳み椅子）

法律・補助金に関して

- ・交通バリアフリー法など、現在は固定と表記されている。安全が確保されていると証明されれば、それに合わせて変更することもある。
- ・固定のガイドラインについて、現在は3点固定と明記されている。その中の一文に「車椅子そのものの固定を省くことや手すりなどでの固定の簡素化が望ましい」と記載がある。
- ・標準仕様ノンステップバスの認定制度について、3点固定が書かれている。

(2) 新たな方式の提案

① ジェットコースター型安全バー・前向き乗車（図表 3- 32）

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。

ジェットコースターは、椅子が固定され、バーハンドルが稼働する仕組み。この提案装置は、バーハンドルが固定されており、車椅子が稼働する仕組みである。

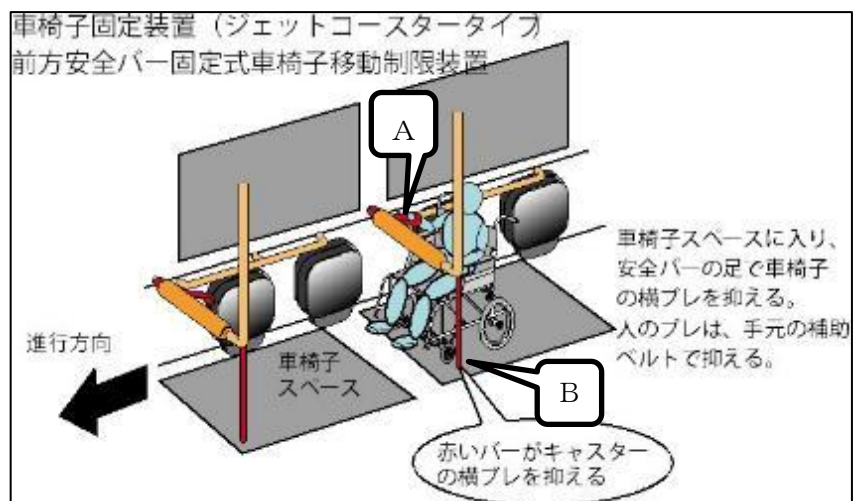
車椅子は、後輪にブレーキがあるものがほとんどである。後輪のブレーキを掛けても移動するのは、後輪と床が滑ってしまうか、前輪のキャスタの向きが変わり、横方向に動いてしまうからである。急ブレーキ時の前方へ慣性力を横のバーハンドル（図表 3- 32 の A）で抑え、横又は斜め前方向のブレを縦のバーハンドル（図表 3- 32 の B）で抑える。車椅子利用者の安全は、吊革に相当する簡易ベルトで行う。

車椅子スペース内への移動とブレーキ操作、そして補助ベルトの使用を車椅子利用者自身で行うことができる装置である。車椅子の幅が変わっても抑えることができる。

また、既存のバスへの設置も、改造程度で可能である。

課題として、車椅子スペースに容易に入れるようにするため、折り畳み椅子が常時折りたたまれていることや、旋回スペースの確保のために折り畳み椅子を薄くするなどの工夫も必要である。

図表 3- 32 ジェットコースター型安全バー



手すりの位置
と形状変更で
対応可能

② 固定壁昇降固定装置 (図表 3- 33)

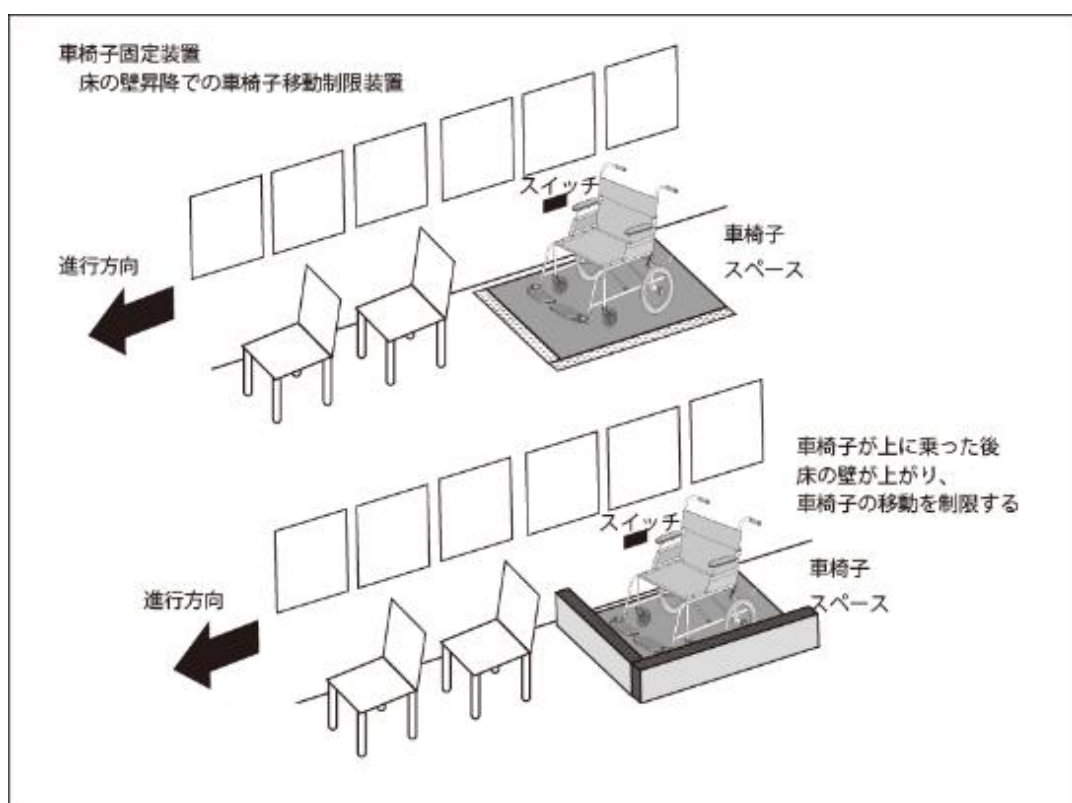
車椅子スペースを壁で遮り、動きを抑制する仕組み。

車椅子利用者が車椅子スペースに入った後、壁のスイッチを押すと床の一部が隆起し、抑制壁となる。

課題として、急ブレーキ時や転回時の振れを抑えることは難しい。様々なサイズに対応させるためには、壁内にゆとりが必要となるためである。

低床タイプのバスでは、床下に装置を設置するスペースがなく、物理的な制約もあるため既存のバスへの設置が困難である。

図表 3- 33 固定壁昇降固定装置



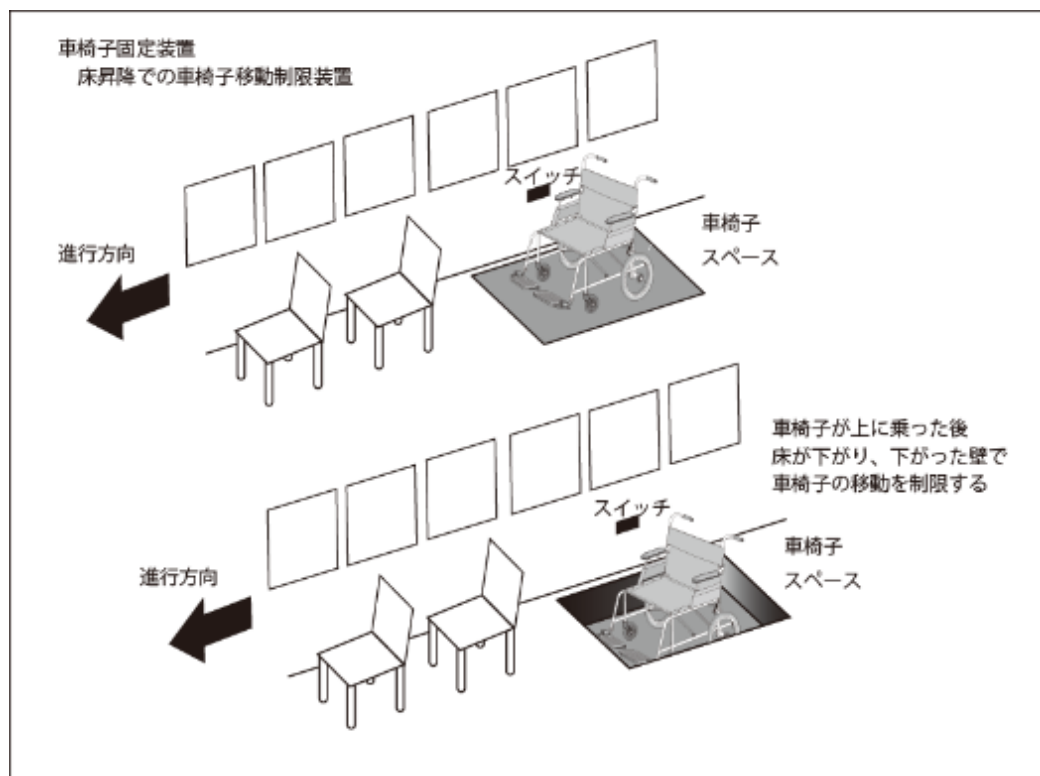
③ 床昇降固定装置 (図表 3- 34)

車椅子利用者が車椅子スペースに入った後、壁のスイッチを押すと車椅子スペースが凹み、抑制壁となる。

課題として、車椅子は抑制できるが、転倒のリスクはある。また、車椅子利用者を固定しなければ、急ブレーキ時や転回時に前又は斜め前に投げ出される可能性がある。

低床タイプのバスでは、床下に装置を設置するスペースがなく、物理的な制約もあるため既存のバスへの設置が困難である。

図表 3- 34 床昇降固定装置



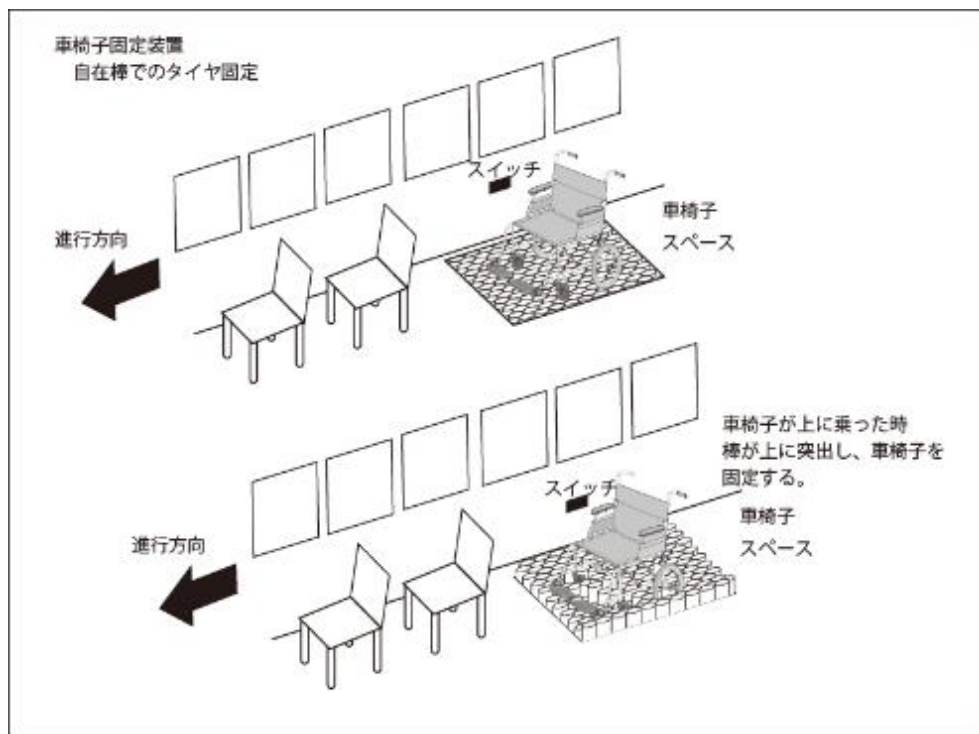
④ 固定ピン方式 (図表 3- 35)

車椅子利用者が車椅子スペースに入った後、壁のスイッチを押すと車椅子スペース内のピン（棒）が隆起し、車椅子を固定する。車椅子と床が接触している部分のピンは隆起しない。キャスタの横ブレを抑えることができる。

課題として、車椅子は抑制できるが、車椅子利用者を固定しなければ、急ブレーキ時や転回時に前又は斜め前に投げ出される可能性がある。

低床タイプのバスでは、床下に装置を設置するスペースがなく、物理的な制約もあるため既存のバスへの設置が困難である。

図表 3- 35 固定ピン方式



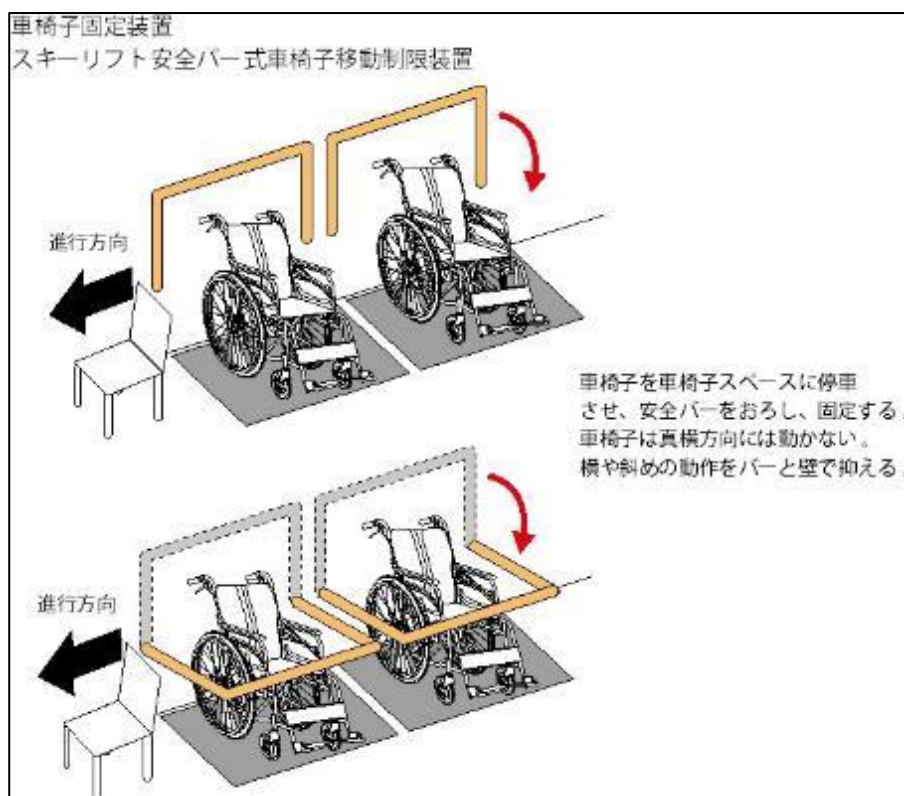
⑤ リフト型安全バー装置 (図表 3- 36)

車椅子利用者が車椅子スペースに入った後に、車椅子利用者自身でバーハンドルを降ろし、車椅子を固定（抑制）する横向き固定方法である。車椅子は、ブレーキを掛けた後、前方よりも真横には動きにくい。その特性を生かすと、横向き固定も有効と考えられる。車椅子利用者自身の固定も、安全バーに囲まれているため、簡素化又はなくすことも可能である。また、車椅子の全幅は全長よりも小さいため、横並びにすると、現状 2 台のスペースで 3～4 台の搭載が可能となる。

既存バスへの取り付けに関して、バスの壁面に跳ね上げ型の安全バーを取り付けるため、既存のバスへの取り付けも可能である。（電動式の場合は除く）

課題として、バスの通路が狭くなることや、折り畳み椅子の設置が困難で、乗客数や軸重の再設定を行う必要がある。また、安全バーと窓との関係など干渉や跳ね上げ時にバーハンドルが容易に下がらないような構造も必要である。

図表 3- 36 リフト型安全バー装置



⑥ ISOFIX 型クイックリリース固定装置 (図表 3- 37)

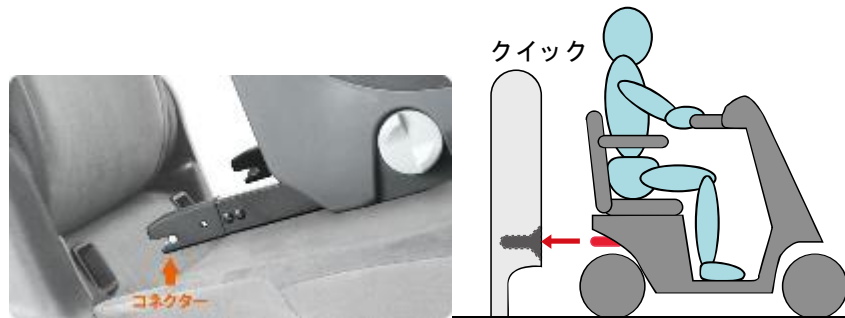
チャイルドシートの ISOFIX 型の車椅子固定装置である。

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。

既存バスへの設置に関しては、追加装置となるため、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ため、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- 37 ISOFIX 型クイックリリース固定装置



⑦ 空圧固定式 (図表 3- 38)

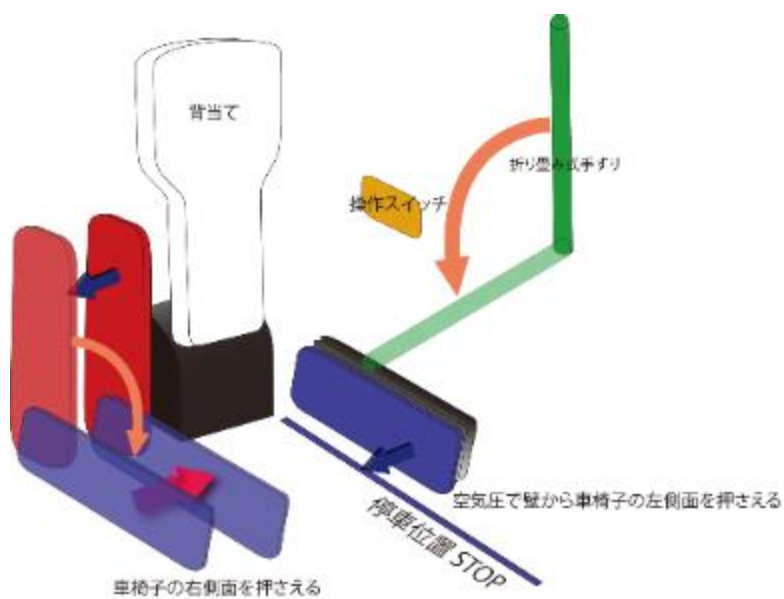
空気圧を利用した車椅子固定装置。

車椅子固定の自動化において、進行方向に対して後ろ向きに乗ることを前提としたほうが装置の簡素化を図ることができる。そして、車椅子を両側から挟み込む装置が有効である。また、両側から挟み込む場合、空気圧を利用した装置が有効と考えられる。空気圧により、衝撃吸収などの効果も期待ができる。

バスの壁と車椅子の隙間を埋める抑え（壁が突出）と反対側の車輪を抑えるエアバーの 2 つの装置で車椅子の左右方向を固定する。急発進などの後方への力を抑えるため、壁に対し、直角の折り畳み手すりを授け、前後・左右の力に対応できるようにする。取り付け場所は、タイヤハウスの後ろが望ましい。

課題として、既存バスに後付けは可能であるが、大掛かりな装置となるため、コストがかさむことが挙げられる。また、機械装置のため、メンテナンスも複雑となる。

図表 3- 38 空圧固定式 (横・前・後ろすべてのベクトルに対応した固定装置)



3. 2. 4. 車椅子固定の仕組みの評価

(1) 新たな方式の絞り込み

前項の固定装置を整理すると、新たな方式として下記の3つに絞られた。

- ①前向き乗車 ジェットコースター型安全バー
- ②前後向き乗車 ISOFIX型クイックリリース固定装置
- ③横向き乗車 リフト型安全バー

また、乗降時間短縮のために利用者自身で固定可能な装置の重要項目として図表 3-39 を設定し、それらについて評価したものを図表 3-40 に示す。

図表 3-39 重要ポイント

固定場所まで移動できるか
<ul style="list-style-type: none">・移動にかかるスペース検証・固定場所までの移動距離
自分で固定できるか
<ul style="list-style-type: none">・固定装置の操作（固定装置のわかり易さ）・現行と比較して時間短縮されているか。 目標1分以内
複数台搭載
<ul style="list-style-type: none">・組み合わせも含め、複数台搭載可能か

図表 3- 40 評価一覧表

固定方法	①ジェットコースター型安全バー（前向き）		②ISOFIX 型クイックリリース固定装置（前後向き）		③リフト型安全バー（横向き）	
バス内のスペース要件	折り畳み椅子置可	◎	折り畳み椅子併用可	○	折り畳み椅子併用不可	×
移動の動線の長さ	前進操作が多く、最短	◎	前・後に動かす回数が多くなる (操作力と視認性)	×	同線は短い 固定時間は長い、降車時間は短い	○
車椅子利用者自身で固定可能か	基本は、前進のみでスペースに進入する方式	◎	①車椅子側との装置の規格統一が必要。 ②車椅子側の種類に左右される	△	180度転回が必要	○
複数台搭載可能か	直列で可	◎	左右に分散すれば可	△	通路が狭くなる 通路幅約472mm※椅子設置無 (通常通路～約1180mm 車椅子3点固定時約650mm)	○
乗降短縮効果		◎	補助は必要	○	混雑時は旋回スペースがない	○
導入コスト	最小 手すりの延長の考え方	◎	ユーザー操作のためのリリースボタンなど機械的な装置が必要	×	可倒式バーの壁設置が必要	△
バスへの後付	可 既存手すりの延長など流用できる可能性が高い	◎	リリースボタンなどの配置も必要	△	窓の位置や大きさで可否が決まる	○
課題	①折り畳み椅子のコンパクト化（薄型） ②折り畳み椅子の操作性 (乗客ができるように)		①固定のしやすさ ②電動車いすへの後付装置開発（突起など危害感対策） ③電動車いす各社の採用		①安全バーの壁取り付け位置 ②専用スペースの確保	
総合評価		◎		△		○

(2) 寸法・レイアウト面

図表 3- 40 より実用的と考えられる①ジェットコースター型安全バーと③リフト型安全バーの2種類について寸法やレイアウトの面から評価を行う。

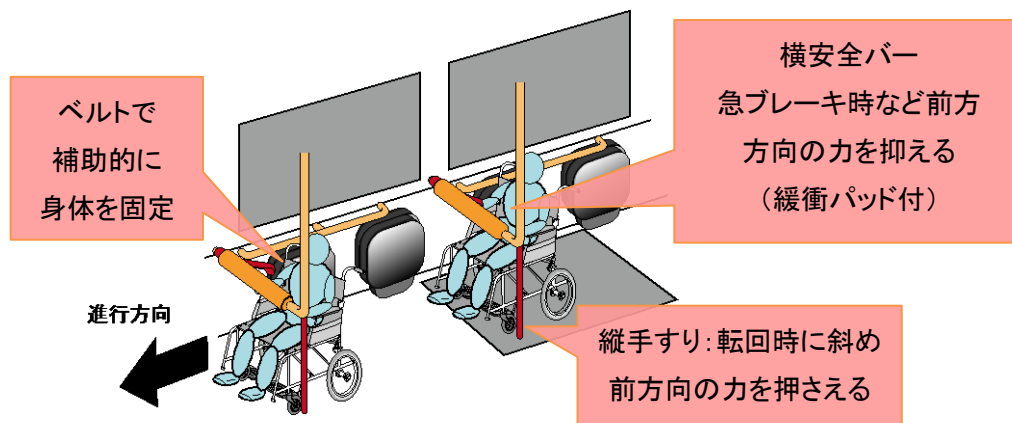
① ジェットコースター型安全バー（前向き）

A) 固定イメージ

固定イメージは図表 3- 41 のようになり、複数の場合は前後に分散させる。

折り畳み椅子との併用を前提とする。また、床には従来の3点式も併用できるようにする。

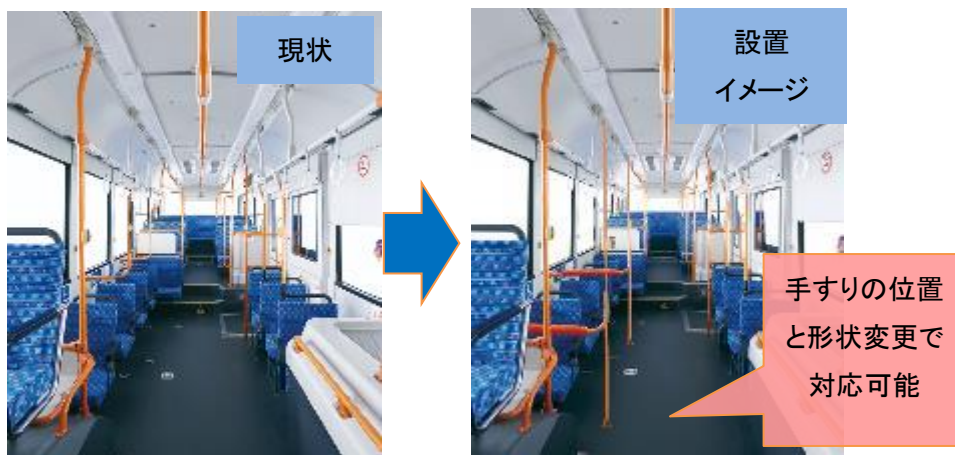
図表 3- 41 ジェットコースター型安全バー固定イメージ



B) 設置イメージ

設置イメージは図表 3- 42 のようになり、現行の改造で可能である。折り畳み椅子が薄くなれば通路幅も確保できる。また、前向き安全バーの場合、地面付近の安全バーの位置の制約がある

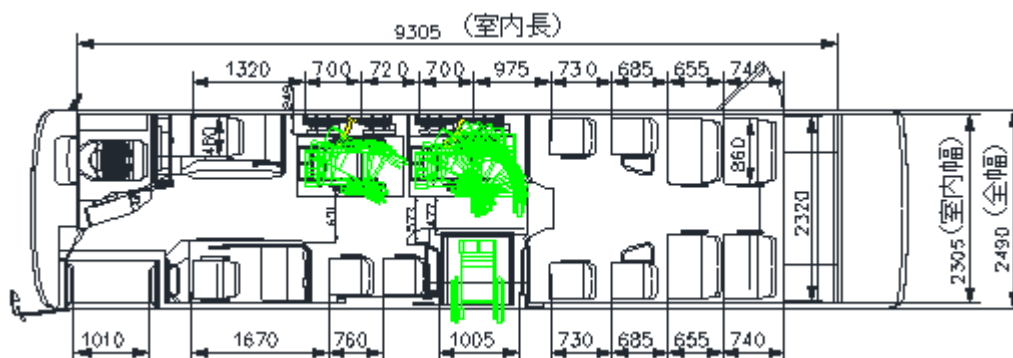
図表 3- 42 ジェットコースター型安全バー設置イメージ



C) 設置寸法

車椅子を搭載した際の参考寸法を図表 3- 43 に示す。
 車椅子を搭載した際の設置は現状のバスと変わらない。通路幅も同様である。
 搭載しない場合には、縦の安全バー分通路幅は狭くなる。

図表 3- 43 ジェットコースター型安全バー搭載寸法イメージ



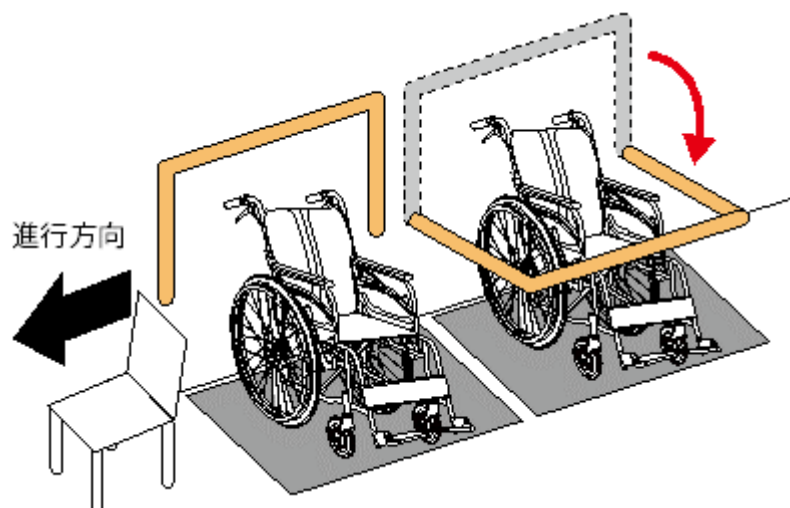
参考バス：三菱ふそう Q-KG-MP38FKF 優先席前向き

② リフト型安全バー（横向き）

A) 固定イメージ

固定イメージは図表 3- 44 のようになり、複数の場合は隣に位置させる。
折り畳み椅子との併用はできない。

図表 3- 44 リフト型安全バーイメージ

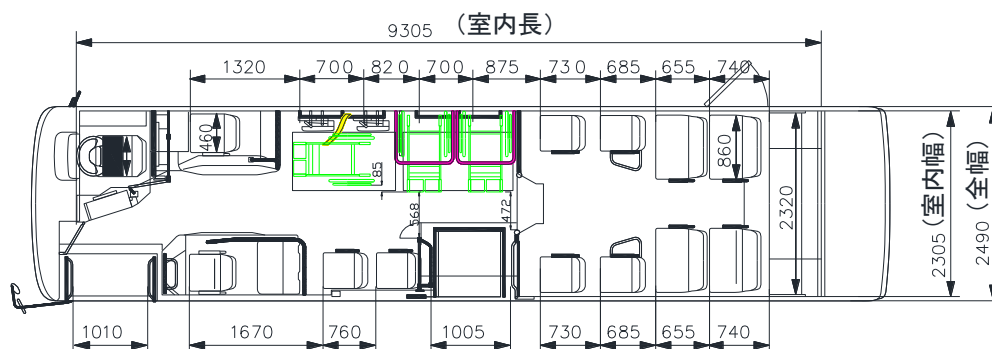


B) 設置イメージと設置寸法

車椅子を搭載した際の参考寸法を図表 3- 45 に示す。

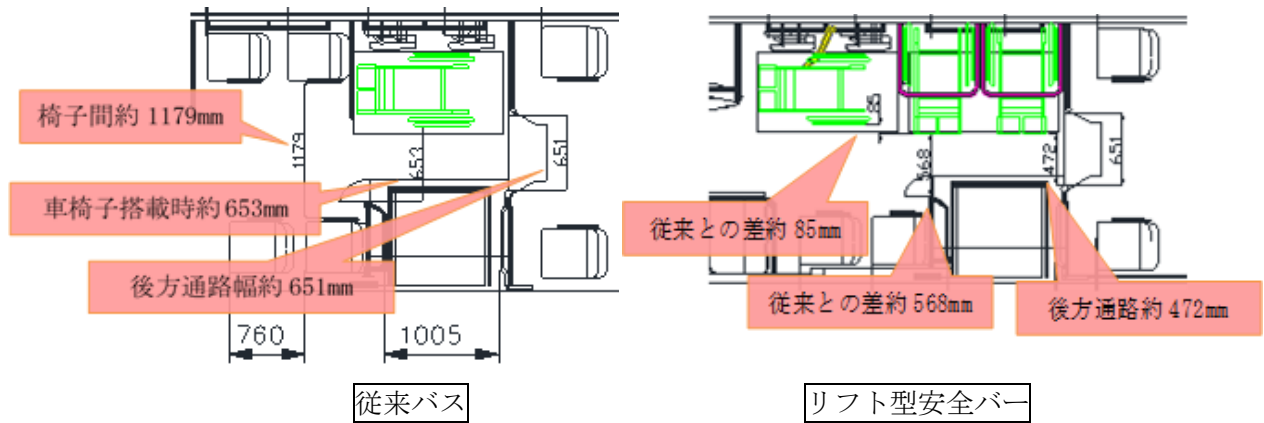
前向き乗車と比較して、1 台多く搭載することができる。電動車椅子などに対応するため従来の 3 点固定式と併用することを想定し、配置している。

図表 3- 45 リフト型安全バー搭載寸法イメージ



参考バス：三菱ふそう Q-KG-MP38FKF 優先席前向き

図表 3- 46 横向き安全バー評価詳細



(3) 課題整理

寸法的面を解決するために、現状の椅子よりもさらに折り畳み幅の薄い椅子の開発が求められる。韓国のバスの例を図表 3- 47 に示す。使用する時のみ開く。

図表 3- 47 韓国のバス内 折り畳み椅子



折り畳みが非常に薄く
 車椅子の固定スペース
 の確保や旋回スペース
 が取り易い

出所：TRANSIT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM (2003)

Use of Rear-Facing Position for Common Wheelchairs on Transit Buses

(4) 車椅子固定の仕組みの結果

通路幅の確保等を考慮すると、①のジェットコースター型安全バーが実用的であることが判った。

(5) 知的財産権

車椅子固定に関する特許は、ベルトの仕組みがほとんどを占め、安全バーを用いた簡易なものはない。また、今回最も実用的であると評価したジェットコースター型安全バーは、既存の組み合わせとなるため、新規性に乏しく、知的財産とはならない。

3. 3. 試作検証計画・社会実証企画

3. 3. 1. 試作検証計画

(1) 試作計画

評価の高かったジェットコースター式のものについて試作を作成し、下記の検証を行う。

①ワンボックス車の後部に装着し、急ブレーキや転回時でも 車椅子が固定されているかを検証する。
ダミーは、簡易的なものを使用する。

②バスに実装し、安全性を確認する。
(予定)バスは、自動車工業会に依頼。 場所：日本自動車研究所

(2) 検証計画

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として重要な項目（下記の5つ）について検証していく。

①車椅子利用者自身での固定が可能か

②運転手の介助は不要か

③固定は適正か

④乗降時間の短縮につながるか

⑤装置として実用的か、後付け可能か

3. 3. 2. 社会実証検証企画

装置と関連する設備・法律の面を含め、社会実証検証をする必要があると考えられる。そのため、下記の項目等を含め、関連する機関と調整しながら行っていく。

- ①折り畳み椅子の薄型化
- ②ジェットコースター型バーハンドルのバス床部分の安全性
歩行車の足に引っかからないよう視覚的な工夫等
- ③バス関連法律の見直し
- ④ノンステップバス標準の見直し
- ⑤折り畳み椅子などのオペレーションの見直し
- ⑥運賃收受とのマッチング

【参考文献】

- [3-1] 交通エコロジー・モビリティ財団（平成 24 年 3 月）「アジア諸国等のバリアフリーに関する情報収集と調査報告書」
- [3-2] 交通エコロジー・モビリティ財団（平成 26 年 9 月）「オリンピック・パラリンピック開催に向けた移動と交通に関する基礎調査報告書」
- [3-2] 交通エコロジー・モビリティ財団（2015 年 3 月）「海外における公共交通機関に関する法律、基準等の基礎調査」
- [3-3] 交通エコロジー・モビリティ財団（平成 20 年 3 月）「車いすの公共交通機関利用時における乗降及び車内安全性に関する研究報告書」
- [3-4] 交通エコロジー・モビリティ財団（2010 年 3 月）「諸外国のバリアフリーに関する情報収集と会議への参加 2009 年度海外調査報告書」
- [3-5] 国土交通省自動車交通局（平成 21 年 3 月）「地域のニーズに応じたバス・タクシーに係るバリアフリー車両の開発」に関する報告書
- [3-6] 三菱ふそうトラック・バス株式会社（平成 18 年 2 月）「エアロスター主要諸元表」
- [3-7] Linda van Roosmalen, LINC Design LLC, Verona, PA (TRB 2013 Annual Meeting)
The BusBuddy - An Independent Wheelchair Securement System for Use in Fixed Route Transportation
- [3-8] Rio de Janeiro (January 2014) Rio 2016 Accessibility Technical Guidelines Version3
- [3-9] TRANSIT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM (2003) Use of Rear-Facing Position for Common Wheelchairs on Transit Buses
- [3-10] UNIVERSITY OF MICHIGAN(2015)Information to help you travel more safety in motor vehicles while seated in your wheelchair
- [3-11] Linda van Roosmalen, PhD;* Patricia Karg, MS; Douglas Hobson, PhD; Michael Turkovich, MS; Erik Porach, BS(2011) User evaluation of three wheelchair securement systems in large accessible transit vehicles

第4章 調査のまとめ

本調査では、バスの乗降時間短縮を目的として、新たな運賃收受の仕組みと、車椅子固定の仕組みを検討した。

運賃收受の仕組みの検討では、全ての乗降口で乗車・降車をできるようにすることを基本とするため、IC カードリーダー・ライターの新設とセンサーを併用しての乗降者検知による検閲が、実現可能性の高い仕組みといえる。

新たな技術を用いた運賃收受の仕組みとしては、電界型 NFC や RFID、Bluetooth、生体認証などが候補として挙げられる。既存の IC カードリーダー・ライターに追加する形式で導入されると、更なる乗降時間の短縮と利用者の利便性向上に寄与するが、どれも実用化には課題が多い。

車椅子固定の仕組みの検討では、ジェットコースター型安全バー方式や、リフト型安全バー装置、ISOFIX 型クイックリリース固定装置などを検討した。前向き乗車かつ簡易な固定の仕組みが望ましいことから、ジェットコースター型安全バー方式の固定が有望な仕組みである。

今後は、本調査結果を基に、新たな仕組みを試作検証することで、乗降時間短縮効果の検証をするとともに、課題を洗い出しや安全性の確認が求められる。

試作検証を通して仕組みの見直しを行い、さらには社会実証を通して実用化され、利用者がストレスなくバスを利用できるようになり、公共交通分担率が向上し、すべての人にとって安全かつ便利な交通社会の実現が望まれる。