

SMI都心ライン実証実験

結果とりまとめ

令和5年5月

堺市SMIプロジェクト推進担当

SMI都心ライン実証実験の概要

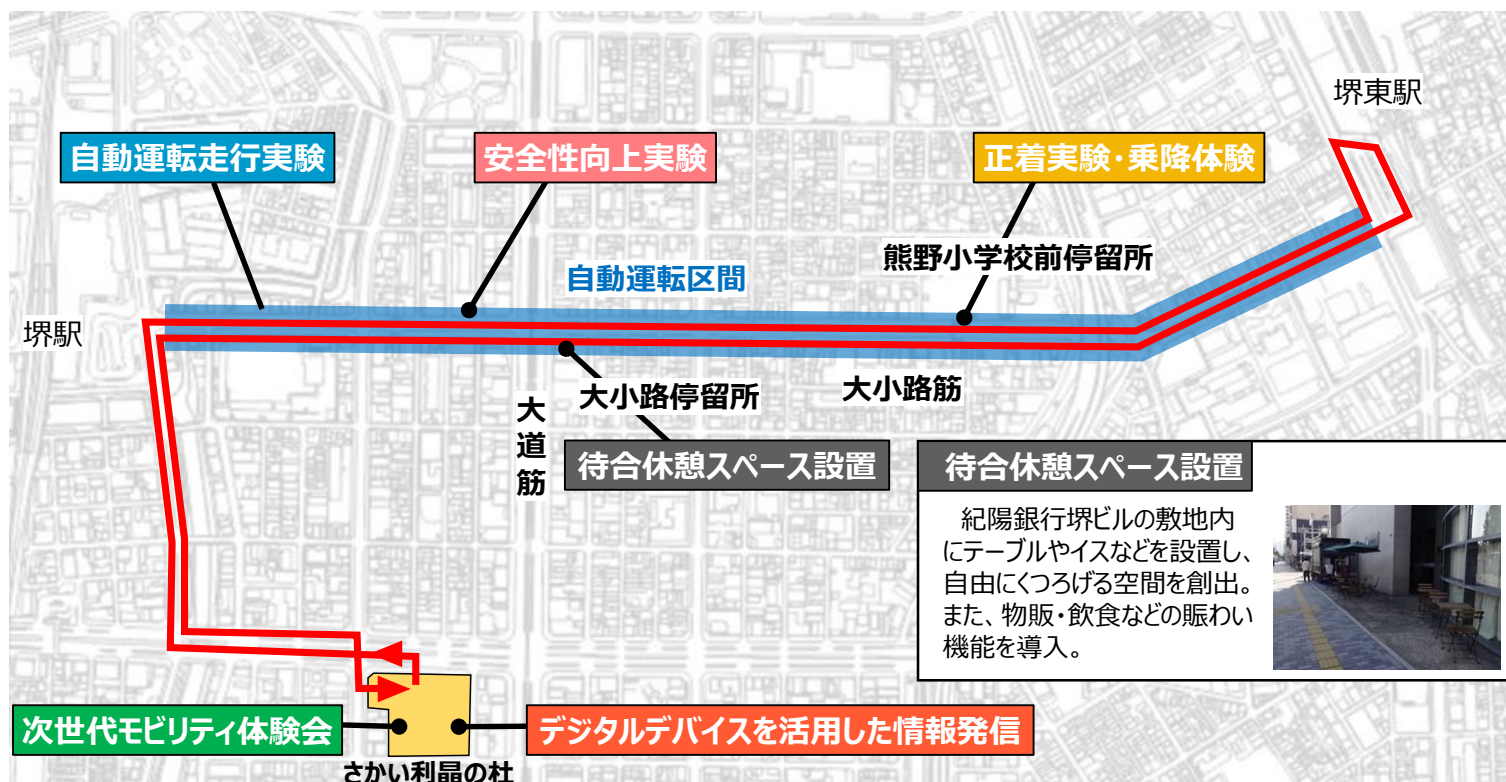
実証実験の目的

- 便利・快適でバリアフリーな移動環境や、居心地の良いウォカブルな都市空間の形成をめざすSMIプロジェクトの推進に向け、自動運転技術の活用や、テラス型停留所、滞留空間の設置、次世代モビリティの活用などについて、その導入効果や導入課題について検証。

実施日程

- 令和4年11月11日（金）～13日（日）

<SMI都心ライン実証実験の概要>



自動運転走行実験

大小路筋において、自動運転電動車両の走行実験を実施。自動運転レベル2相当で、運転手が常に乗車した状態で実験を実施。



安全性向上実験

歩道上にセンサー等を設置し、自転車や自動車の接近情報を自動運転車両に送信。



正着実験・乗降体験

熊野小学校前に仮設停留所（切り込みテラス型）を設置し、自動運転技術を活用して、停留所に隙間なく停車（正着）させる実験を実施。



次世代モビリティ体験会

さかい利晶の杜の敷地内遊歩道で、トヨタ製の次世代モビリティ（C+Walk）の乗車体験を実施。



自動追従機能を備えたモビリティ（ロボリューション）を活用し、さかい利晶の杜の館内ガイドを実施。



デジタルデバイスを活用した情報発信

さかい利晶の杜に設置したデジタルサイネージに、自動運転車両のリアルタイムの走行位置や施設案内などを表示。また、自動運転車両にNFCタグを設置し、降車時にスマホをかざすことで、実験に関するページを表示。



実証実験の実施主体等

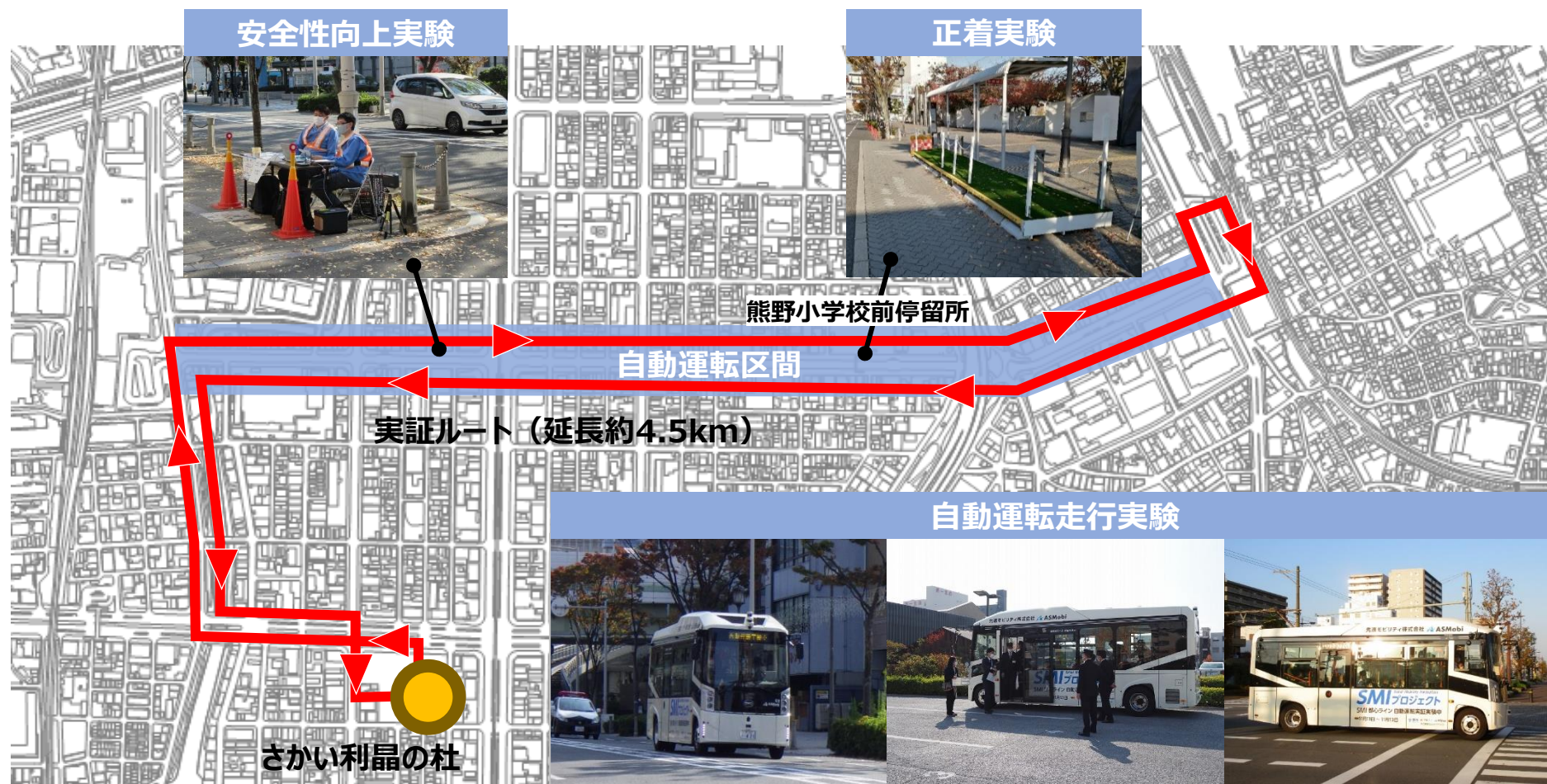
○各実証実験の実施・協力主体、実施場所、実施時間は以下のとおり。

| | | 実施・協力主体 ※堺市は全実験の実施主体 | 実施場所 | 実施時間 |
|-----|-------------------|--|---------------------------|----------------------------------|
| (1) | 自動運転走行実験 正着実験 | 自動運転走行実験 | さかい利晶の杜 ～大小路筋 | 9時～17時 |
| | | 正着実験・乗降体験 | 熊野小学校前停留所 (仮設切り込みテラス型) | 9時～17時 |
| | | 安全性向上実験 | 大小路筋 | 9時～17時 |
| (2) | 停留所付近の待合休憩スペース設置 | 堺山之口連合商店街振興組合 (株)Mellow | 紀陽銀行堺ビル | 10時～16時 (物販) 11時～17時 (キッチンカー) |
| (3) | 次世代モビリティ体験会 | トヨタカローラ南海(株) (株)ロボリューション 堺観光ボランティア協会 | さかい利晶の杜 | 10時～16時 |
| (4) | デジタルデバイスを活用した情報発信 | 大日本印刷(株) | さかい利晶の杜 | 9時～17時 |

(1) 自動運転電動車両走行実験・正着実験

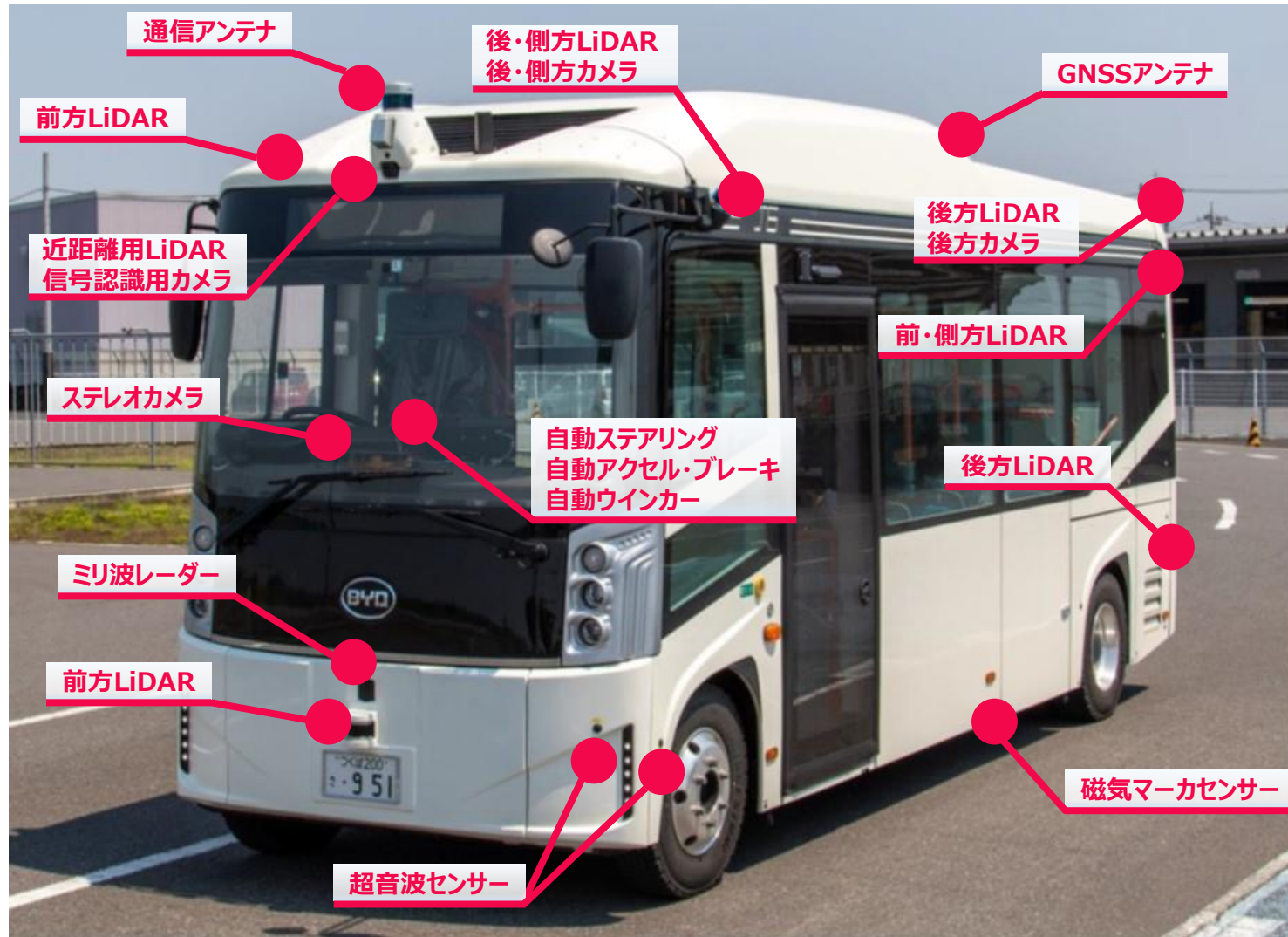
実験概要

- 自動運転の活用に向けた課題等を検証するため、南海バス(株)、先進モビリティ(株)に協力いただき、さかい利晶の杜を起終点として大小路筋において自動運転走行実験を実施。
- 隙間・段差のないバリアフリーな乗降環境の実現に向け、熊野小学校前に仮設停留所（切り込みテラス型）を設置し、正着精度を検証。
- 自動運転等の安全性向上に向け、三菱重工エンジニアリング(株)において、大小路筋の信号の無い交差点の歩道上にカメラ・センサーを設置し、自動車や自転車等の接近情報をあらかじめ検知して、自動運転車両に伝達する実験を実施。



(1) 自動運転電動車両走行実験・正着実験

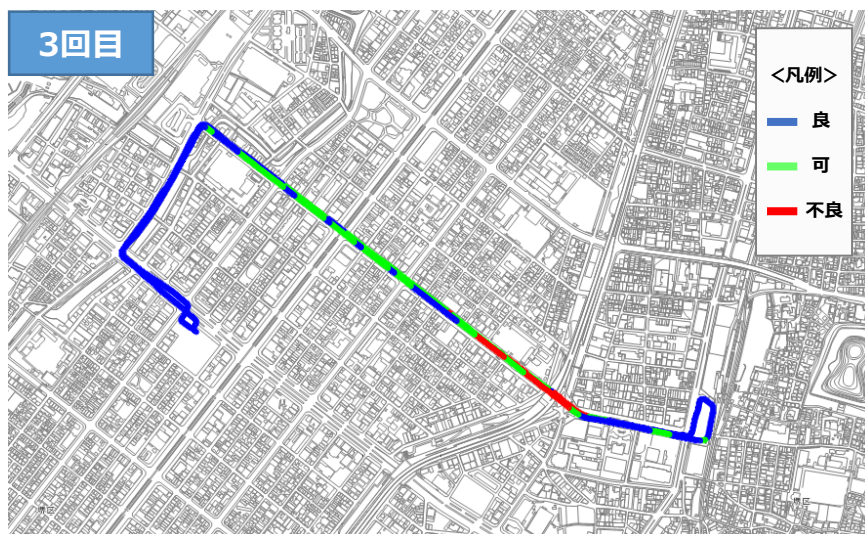
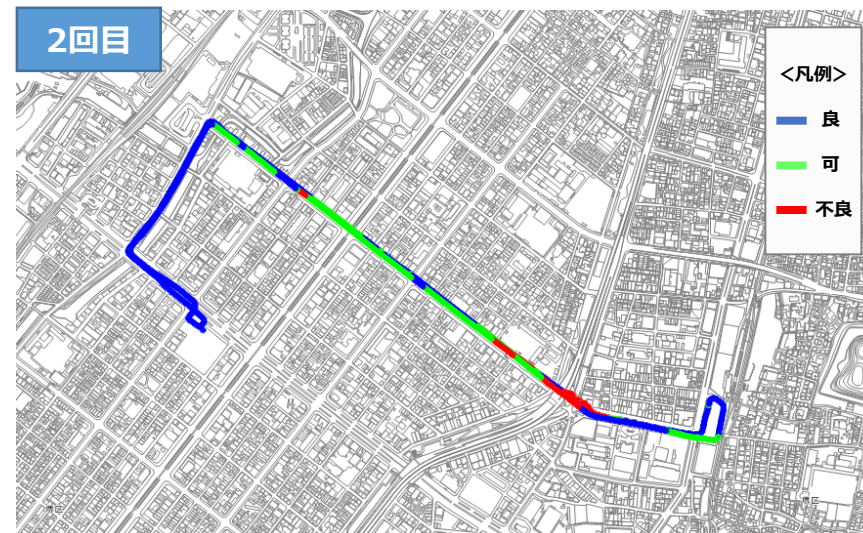
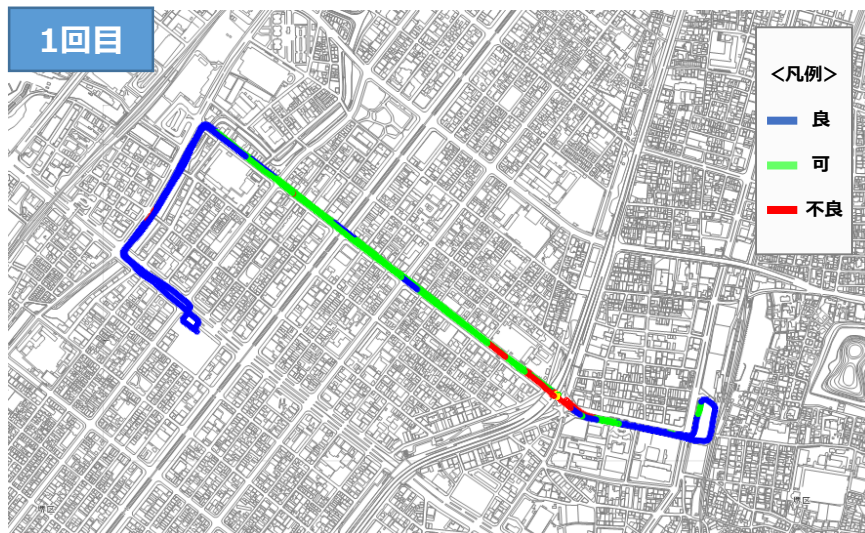
自動運転電動車両の仕様



(1) 自動運転電動車両走行実験・正着実験

GNSS受信状況

- 事前に調査したGNSSの受信状況を以下に示す。(計3回調査)
 - 大小路筋上の受信状況は「良」、「可」の区間が多いが、熊野小学校前～阪神高速高架付近で「不良」となる区間があった。
- ※GNSSとは、GPSなどの衛星測位システムの総称

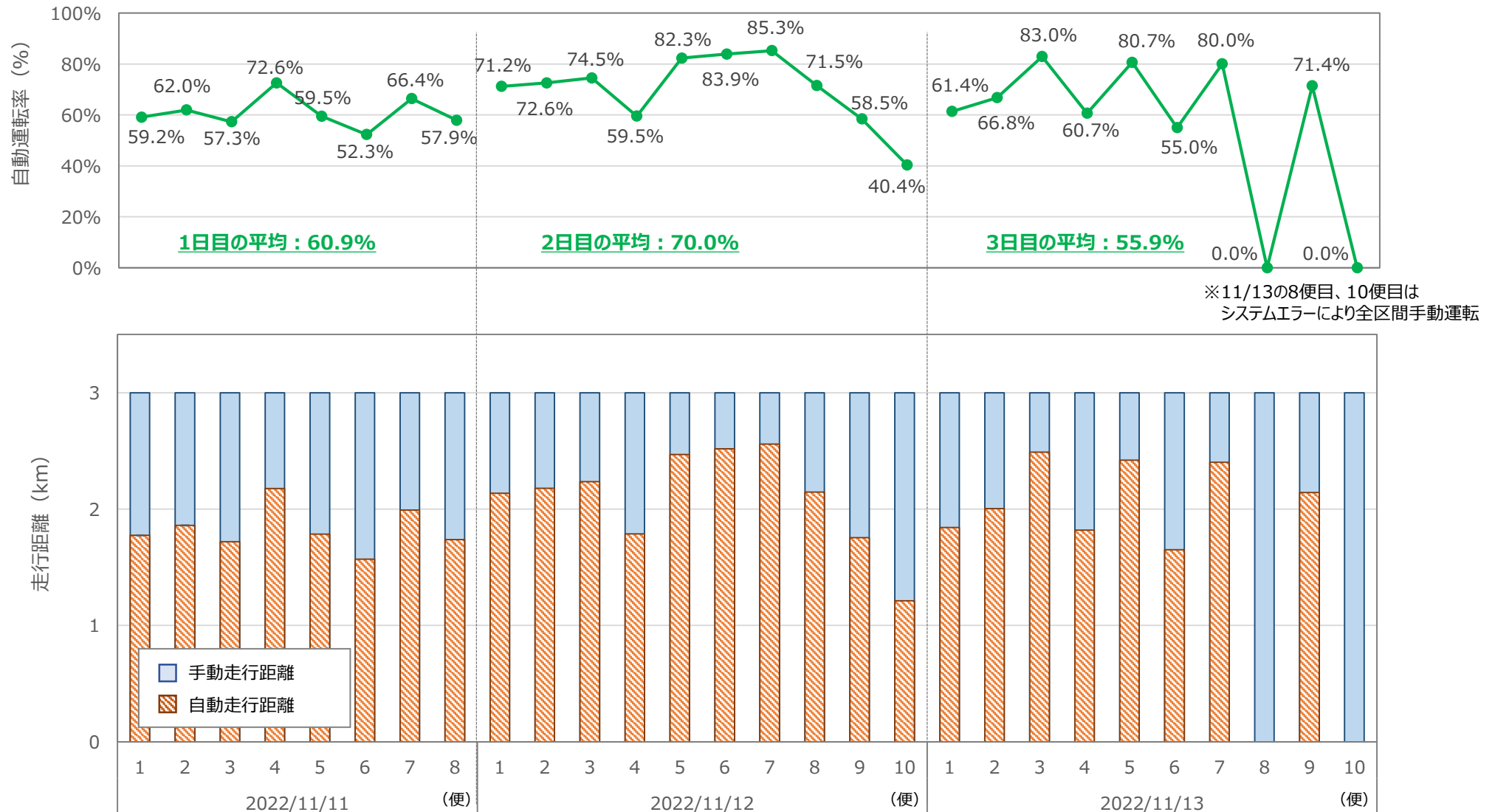


(1) 自動運転電動車両走行実験・正着実験

調査結果（自動運転）

- 自動運転の走行実験における自動運転率（自動運転区間において、完全に自動運転で走行した距離の割合）を算出したところ、全体平均で62.4%であった。
- 路上駐車回避のための手動介入などが自動運転率に影響したと考えられる。

自動運転率（全体平均）：62.4%



(1) 自動運転電動車両走行実験・正着実験

調査結果（正着精度・車載センサー等）

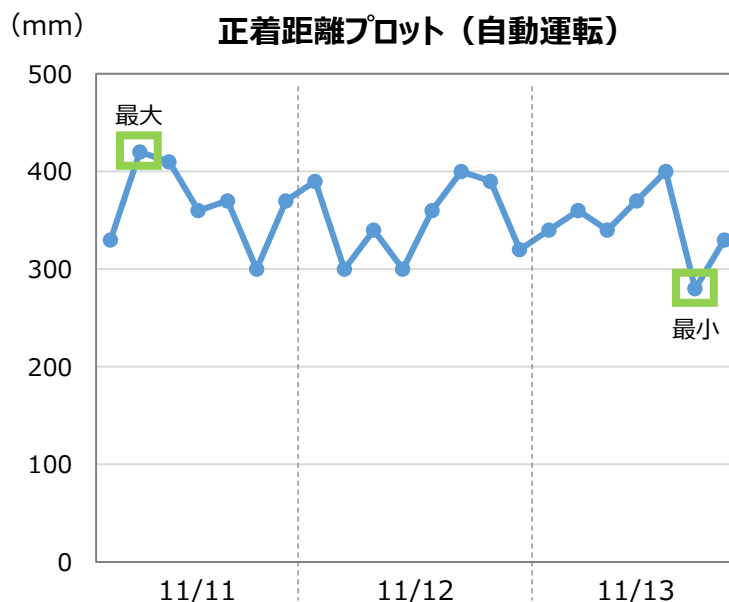
- 仮設停留所を設置した熊野小学校前停留所において、各停留所の測定基準となる位置を設定し、コンベックスまたはレーザー距離計を用いて正着距離を計測。
- バリアフリーな乗降環境の実現に向けて、まずは車両と停留所の正着距離を100mm未満とすることをめざしていたが、結果は概ね300mmから400mm（平均354mm）であり、隙間なくバリアフリーで乗降できる状態には至らなかった。GNSSの精度等には限界があるため、磁気マーカの活用など導入する自動運転の仕様について検討が必要。
- 正着実験中、仮設停留所に自動運転車両の前輪ホイールが1度接触した。安全装置の設置や停留所の形状など、安全でバリアフリーな運行のため更なる検討が必要。
- 車載センサー等により、周辺の自動車・歩行者や支障物について正常に検知できていることを確認できた。

【正着精度】

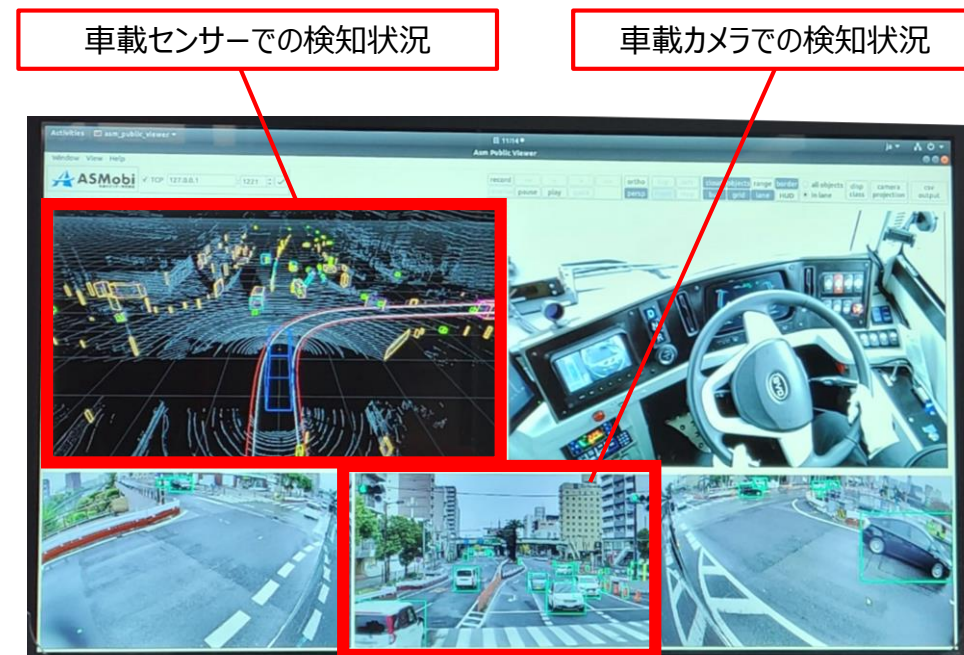
熊野小学校前：仮設切り込みテラス型停留所

計測結果（自動運転）

| | 正着距離 (mm) |
|----------|-----------|
| 測定数 (有効) | 22 |
| 最小 | 280 |
| 最大 | 420 |
| 平均 | 354 |



【車載センサー等の検知状況】

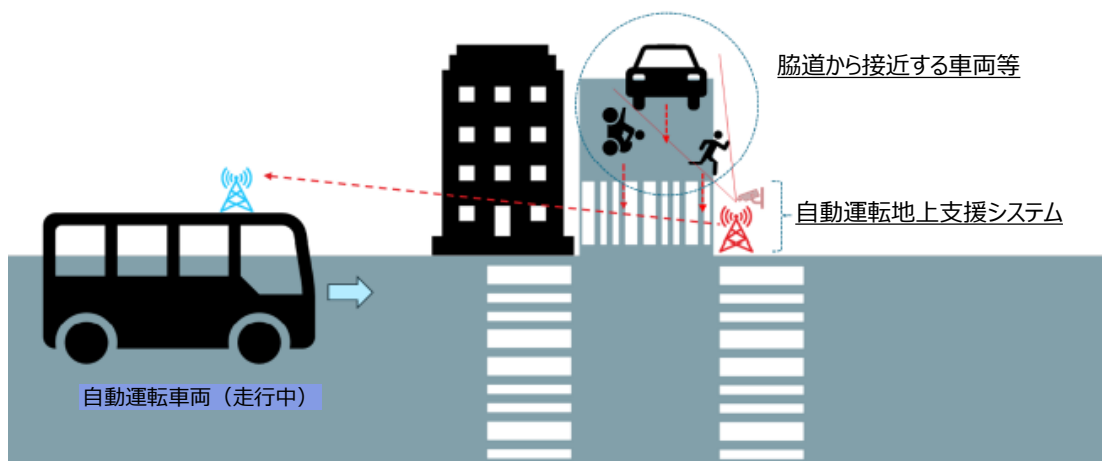


自動運転車両の車内モニター

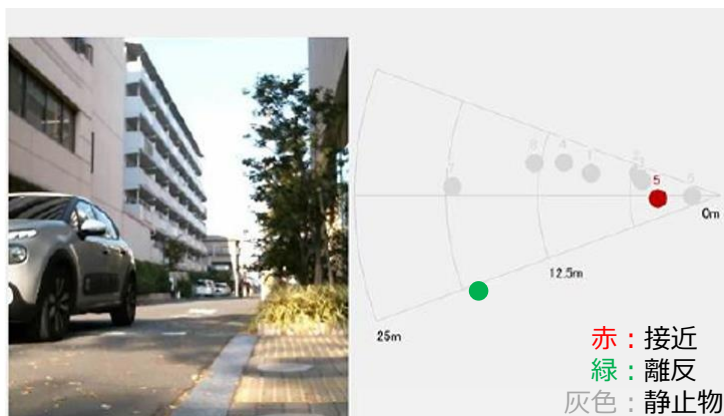
(1) 自動運転電動車両走行実験・正着実験

安全性向上の実験

- 大小路筋の歩道上にセンサー、カメラを設置し、大小路筋に進入する自動車・自転車等の情報を事前に検知して自動運転車両に伝えることで、安全性向上をめざす実験を実施。
- 実証実験ではセンサー、カメラで検知した情報を車両側のモニター画面に表示し、受信状況を確認。



地上支援システムのイメージ



車上モニター表示

地上機器類は大小路筋上の交差点歩道上に設置

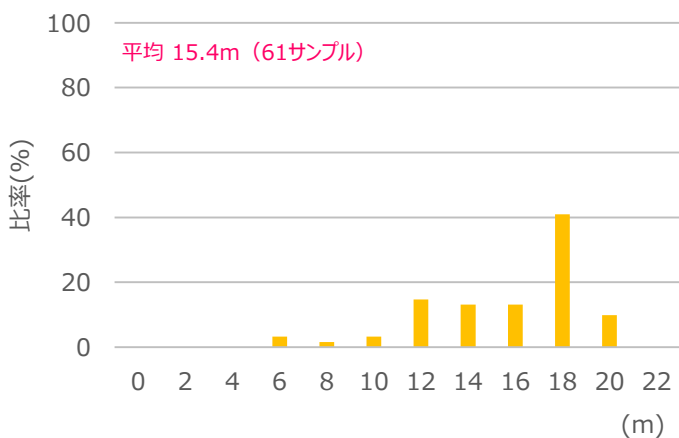


地上機器類の設置状況

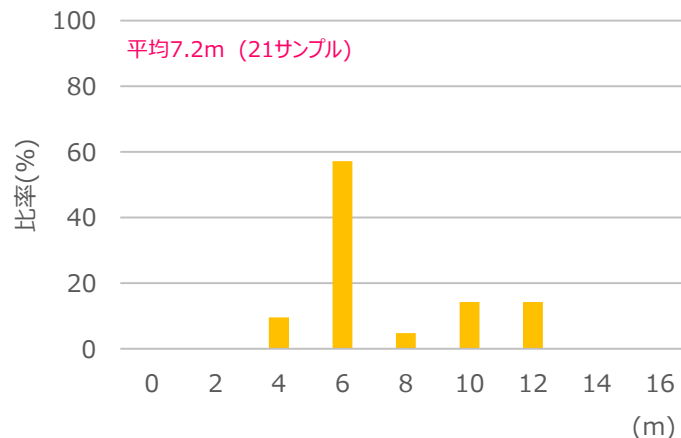
(1) 自動運転電動車両走行実験・正着実験

検証結果

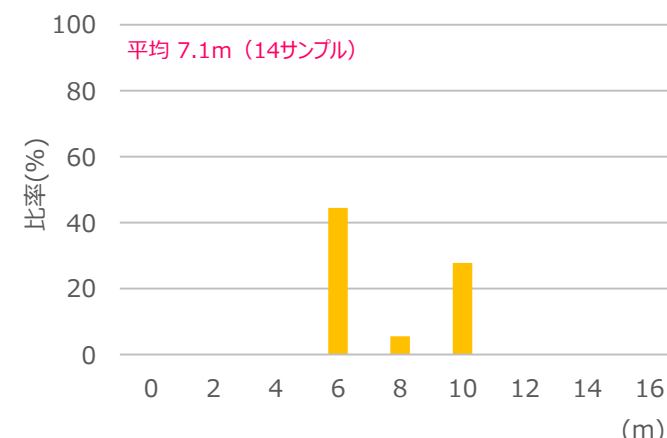
- 検出対象の主体とした自動車については100%検出できたが、道路の走行位置や車両の種類により検出距離に差が出た。
- 自転車・自動二輪、歩行者は自動車と比べると検出距離が短く、自動車と比較してミリ波の反射面積が小さいことが原因と考えられる。



自動車検出距離



自転車・自動二輪検出距離



歩行者検出距離

【結果】

- 地上支援システムによるカメラ画像・レーダーチャートが、いずれも正常に車上機器へ送信されることが確認できた。
- 自動車についてはミリ波レーダーにより100%検知され、死角となるような道路上での接近検知に有効であることが確認できた。
- 一般車両の道路上走行位置のパターンなど、地上支援システムによる車両検出にかかる知見が得られた。
- ミリ波レーダーによる自転車・自動二輪の検出感度が低かった。
- センサーによる車両検知において、同一車両を認識して追従できていないケースがあった。

【課題】

- 自動運転制御への活用には、ミリ波レーダーの追従性に改善が必要。
- ミリ波レーダーによる自転車・自動二輪の検出感度の改善策について検討が必要。
- 今回のセンサー設置高さは反射ミリ波の検知が良好な約300mmと低く、実装時には設置場所の検討が必要。

(1) 自動運転電動車両走行実験・正着実験

電動車両運行に係る検証

○実証実験期間中の自動運転電動車両の充電状況などから、燃料費、CO₂排出量の比較を行った。

【燃料費】

・実証実験中の充電量等から燃料費を算出（約80km走行、平均55.5kW充電）



| | 電動車両 | | ディーゼル車両 |
|-----------------|--|---|------------------------------|
| 条件 | 仮定① 従量料金12.87円/kWhの場合 (関西電力 高圧電力AS) | 仮定② 従量料金23.63円/kWhの場合 (関西電力 低圧従量電灯B) | 日野ポンチョの場合 (日野自動車株式会社HPより) |
| 燃料費 (1kmあたり) | 8.9 円/km | 16.4 円/km | 16.8 円/km |

※ディーゼル車両燃料費は令和4年11月の軽油購入価格
((一社) 大阪府トラック協会調べ) より、108.9円/Lとして算出

【CO₂排出量】

・走行距離1kmあたりのCO₂排出量を算出（電動車両については使用電力あたりの発電時のCO₂排出量から算出）

| | 電動車両 | ディーゼル車両 |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| CO ₂ 排出量 (小型バス車両 1台あたり) | 0.22 kg-CO₂ | 0.40 kg-CO₂ |

※電動車両の使用電力発電時のCO₂排出量は、関西電力のCO₂排出係数を参考に算出

※ディーゼル車両のCO₂排出量は、燃料の使用に関する排出係数（環境省HP）を参考に算出

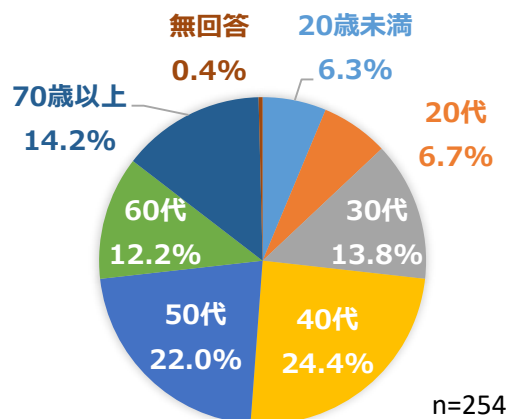
(1) 自動運転電動車両走行実験・正着実験

調査結果（アンケート調査）

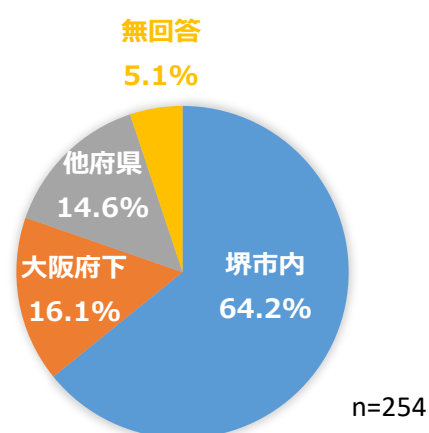
○自動運転電動車両には市HP等で募集した一般モニターに乗りいただき、**計254名**にアンケートを実施した。



【年代】



【居住地】

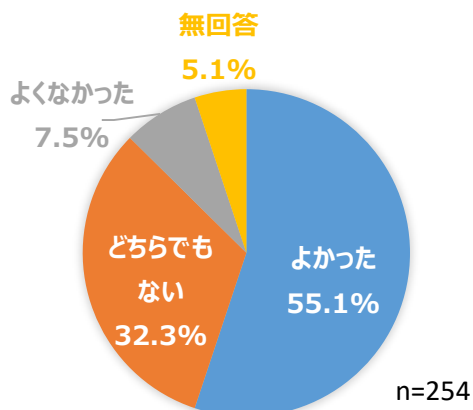


【乗車前後での自動運転の印象の変化】

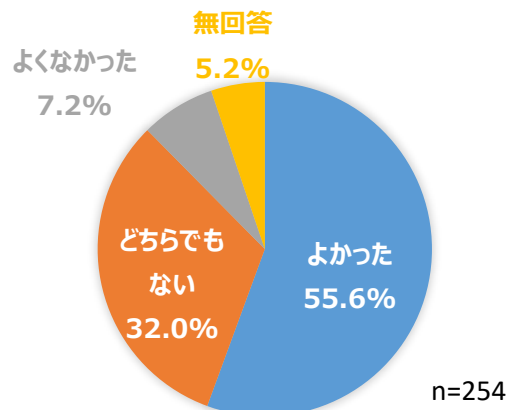
(回答者数)

| | | 乗車前 | 乗車後 | 変化※ |
|-----------------|-------------|-----|-----|------|
| 安全性 | 高い | 35 | 78 | 増加↗ |
| | 不安 | 125 | 59 | 減少↘ |
| 乗り心地 | 良い | 28 | 80 | 増加↗ |
| | 悪い | 25 | 36 | 増加↗ |
| 定時性 | 時間通りに運行できる | 29 | 29 | 変化なし |
| | 時間通りに運行できない | 50 | 27 | 減少↘ |
| 交通事故を減らすことができる | | 60 | 57 | 変化なし |
| 渋滞の緩和に役立つ | | 27 | 19 | 減少↘ |
| バスの運転手の負担を軽減できる | | 136 | 107 | 減少↘ |
| バスの運転手不足を解消できる | | 140 | 97 | 減少↘ |

【自動運転車両の乗り心地】



【バリアフリー乗降の感想】



※乗車前の回答者数に対して2割以上変化した項目には「増加」または「減少」、それ以外には「変化なし」と記載。

(1) 自動運転電動車両走行実験・正着実験

調査結果（アンケート調査）

自由意見（一部抜粋）

| | |
|-------|--|
| ポジティブ | 思ったより乗り心地がよく驚いた。実際に街を走る姿を想像してワクワクした |
| | このようなバスの自動運転化も今後は必要であり、実用化に向けて実証することには意義がある。自動運転のレベルが上がれば、運転手の負担は減ると思う |
| | 乗車前は不安だったが、右左折やバス停発着を含め、スムーズで安心感があった。手動と自動の切り替えも案内がなければ気づかなかった |
| | 地元の住民の足として活用されるのはとても良いと思うが、観光客やインバウンド利用のときには観光情報を発信するなど、乗客を飽きさせない工夫が必要と感じた |
| | 電気バスなのでとても静かで、停車中はエンジン音も全くせず快適だった |
| | カメラモニターがすべての動きを検知し、安全などに配慮されていて、すごいと思った |
| | ルートが決まっていて、交通量が少ないところでは十分に実用的だと思った |
| | 電車と比べて、街中の隅々まで運行できる可能性があり、高齢ドライバーによる事故等を減少させられると思う |
| | 自動運転の存在を広く知ってもらい、道路を使う人たちにも安全に走行できるように協力してもらえると、もっと快適になると感じた |

| | |
|-------|---|
| ネガティブ | 路上駐車への追い越し、急な自転車横断への対応、ブレーキの強さ等、まだまだ改善を重ねないと実用化には時間がかかると感じた |
| | 路上駐車を自動で回避できないと、自動運転のメリットがほとんどない気がする。回避できるシステムを有するバスでも実験すべき |
| | 運転手の負担軽減のメリットがある一方で、障害物を自動で回避することができないことや、事故が起こったときの対応等を考えると、自動運転を導入する意義に疑問を感じた |
| | 人間の運転であれば100～150m先の信号を認識してアクセル・ブレーキを調整できるが、信号のかなり近くで認識しているように思えたので、それが改善されれば乗り心地が良くなると思った |
| | 青信号になってからの反応が遅かった |
| | GPSの受信精度のため、幅寄せの精度がまだまだで、改良の余地があると感じた |
| | 減速・発進の際の動きが、手動よりスムーズさに欠けるような気がする |
| | 飛び出しや割り込みなどのときの対応が不安 |

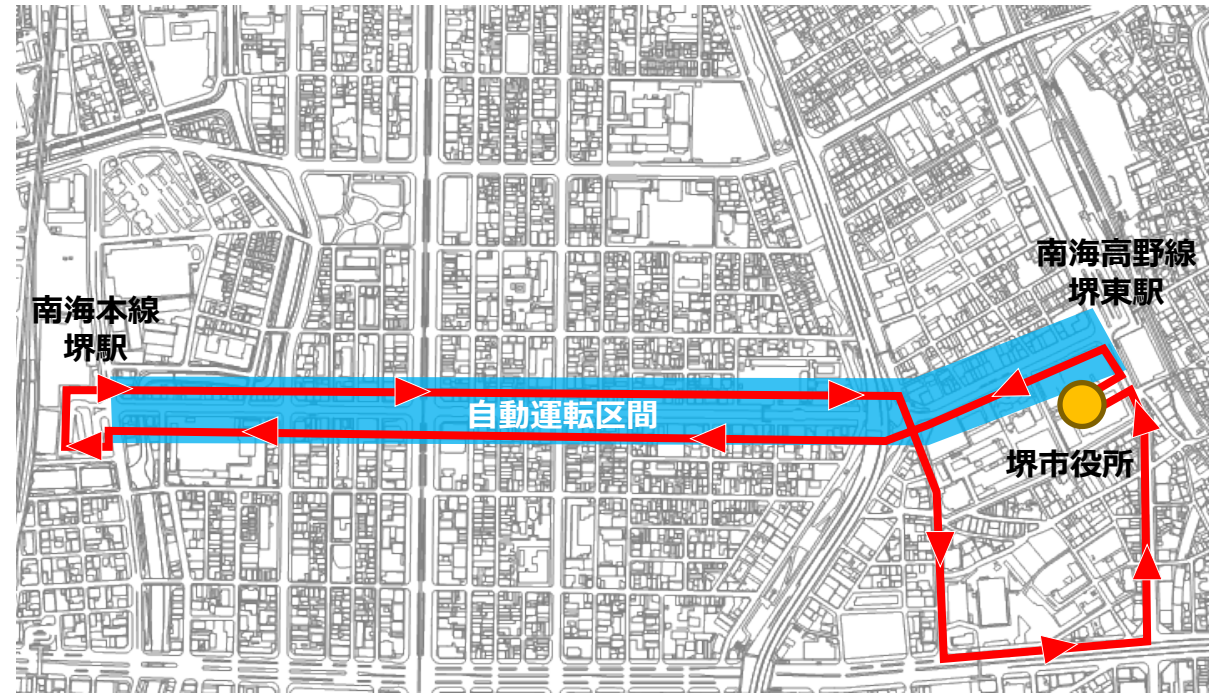
(1) 自動運転電動車両走行実験・正着実験

バリアフリー乗降検証

- 堺障害者団体連合会の協力のもと、自動運転の走行実験、仮設停留所での正着実験を当事者に体験いただき、バリアフリー化を図るうえでの課題等について検証。
- 乗車体験後は意見交換会を実施し、プロジェクトの推進についてご意見をいただいた。

実施日程：令和4年11月11日（金）最終便

バリアフリー乗降検証の走行ルート



◆ご意見（一部抜粋）

正着実験 (仮設停留所)に 関するご意見

- ・停留所での停車幅がかなり空いていて、安全に乗降できる状態ではなかった
- ・停留所とバス乗降口をフラットにするのならば、寄り付かなかった時にどうするかに対応も検討してほしい

自動運転に 関するご意見

- ・自動運転にはまだまだ不安があると感じた
- ・仮に将来無人になっても、困ったときに誰かに相談できる状態にしてほしい

ユニバーサル デザインに 関するご意見

- ・バスに乗り込む際のスロープを自動化するなど、車いすでもスムーズに乗降できるようにしてほしい
- ・停留所での表示、バス車内での案内方法について、難聴者の方、視覚障害者の方など、全ての方が情報を受け取れる方法としてほしい



実験の様子



実験の様子

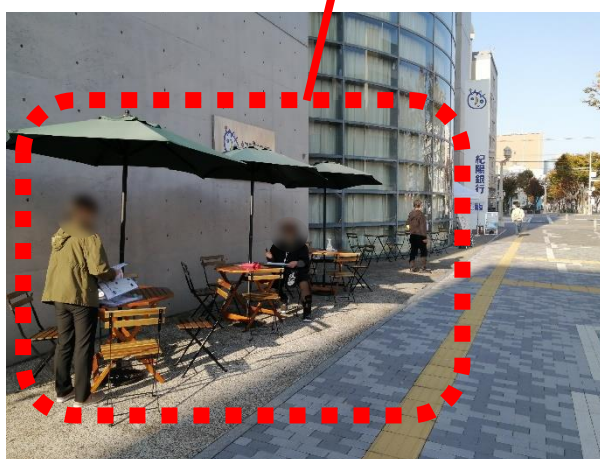
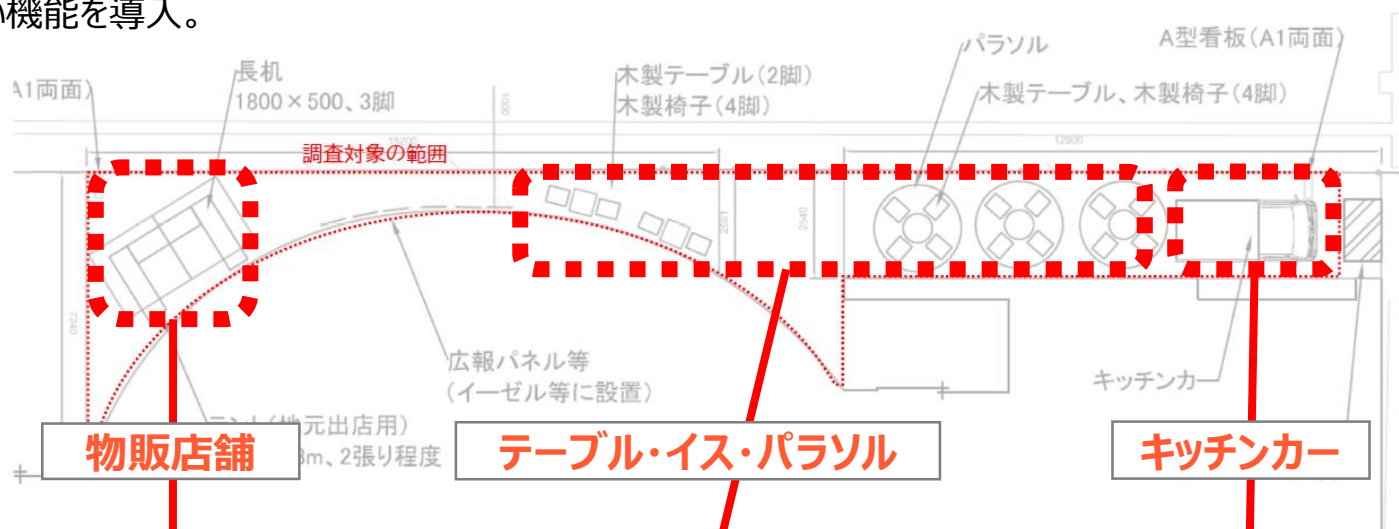


意見交換会の様子

(2) 停留所付近の待合休憩スペース設置

実験概要

- 停留所周辺での滞留空間・賑わい機能の導入を見据え、大小路停留所に近接する紀陽銀行堺ビルの敷地内において、待合休憩スペースを設置。
- 敷地内には**テーブル・イス・パラソル**を設置し、自由にくつろげる空間を創出。
- 堺山之口連合商店街振興組合（河十呉服店）の協力により、商店街の品物を販売する**物販店舗**を配置。また、**キッチンカー**を配置して賑わい機能を導入。



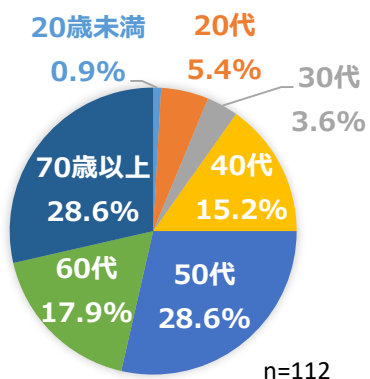
(2) 停留所付近の待合休憩スペース設置

調査結果（アンケート調査）

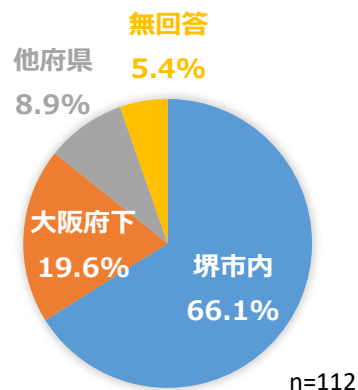
○待合休憩スペースの利用者を対象として、**計112名**にアンケート調査を実施した。



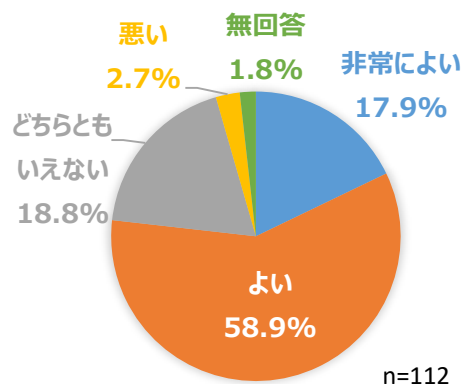
【年代】



【居住地】



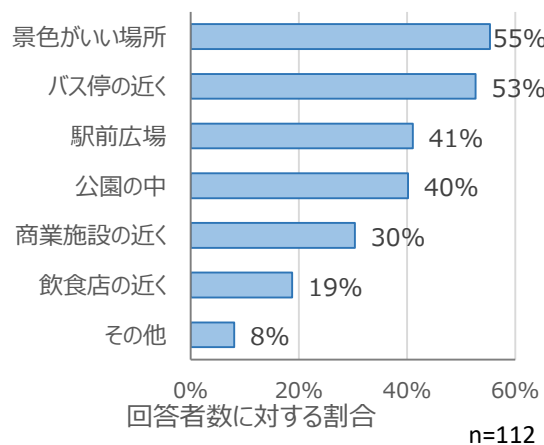
【居心地の良さ】



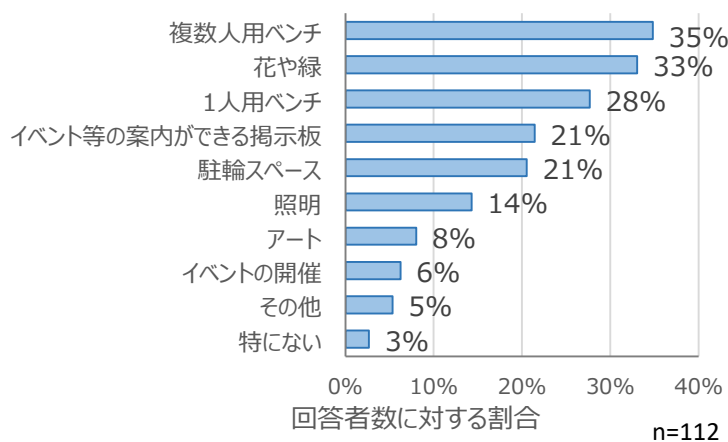
自由意見（一部抜粋）

| | |
|-------|-----------------------------|
| ポジティブ | まちなかに休憩場所があるのは良いこと |
| | 座る場所があるのはうれしく、バス待ちに良い |
| | 子供が喜ぶ店やお酒を楽しめる店を出してほしい |
| | 他のイベントとの連携や、同様の施設を複数設置してほしい |

【滞留空間を設置してほしい場所】



【滞留空間に必要な機能】



| | |
|-------|------------------|
| ネガティブ | 企画に関するPRが不足している |
| | 出店者が少なく寂しかった |
| | 道路が近く、排気ガスが気になった |

(3) 次世代モビリティ体験会

実験概要

<C+Walk>

○次世代モビリティの利用ニーズを確認するため、トヨタカローラ南海(株)に協力いただき、さかい利晶の杜の敷地内通路において、**計69名**の方にC+Walk（立ち乗り、座り乗り）を体験いただいた。

※11月13日（日）は雨天により中止

C+Walkはトヨタ製の1人乗りの電動モビリティ。
一般販売が開始されているが、立ち乗りタイプについては公道走行できず、施設内利用等に限られる。

立ち乗りタイプ



座り乗りタイプ



さかい利晶の杜の敷地内通路を、保安員が伴い乗車体験。希望者には立ち乗りタイプ、座り乗りタイプの両方に乗車いただいた。

実験概要

<ロボリューション>

○次世代モビリティの利用ニーズの確認及び施設内でのモビリティ活用の可能性を検証するため、(株)ロボリューション及び堺観光ボランティア協会に協力いただき、さかい利晶の杜で**計20名**の方に乗車体験いただいた。

ROBOLUTION 01Gは1人乗りの電動モビリティで、認識させた人・モビリティなどを自動で追従するようプログラムされている。
今回の実験では2台のモビリティを使って観光ボランティアの後ろを自動追従し、乗車したままでさかい利晶の杜の館内を回り、ガイドを体験できる実験を実施した。

ROBOLUTION 01G



(3) 次世代モビリティ体験会

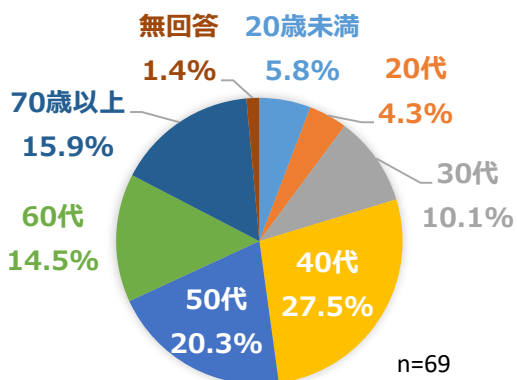
調査結果（アンケート調査）

<C+Walk>

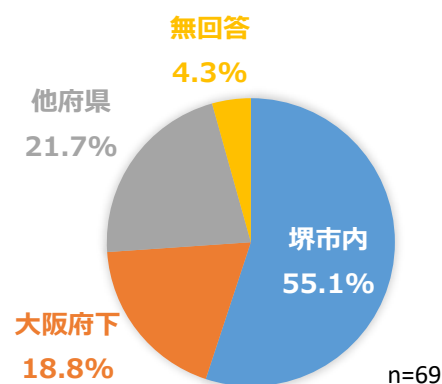
○次世代モビリティ（C+Walk）に乗車体験いただいた方を対象に、**計69名**にアンケート調査を実施した。



【年代】



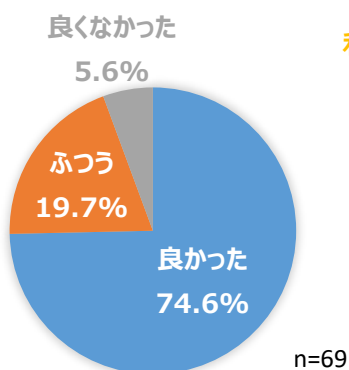
【居住地】



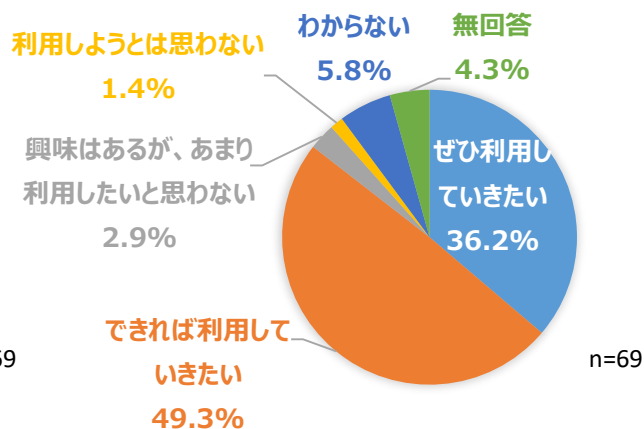
自由意見（一部抜粋）

| | |
|-------|---|
| ポジティブ | 誰でも簡単に操作できて乗りやすい |
| | 安定感があり楽に移動できるため、距離を感じさせない |
| | 速度がちょうどよく、初動がスムーズだった |
| | コンパクトで小回りがきいてよかった |
| | 車椅子に抵抗がある方にも、介護予防や高齢ドライバーの免許返納のいいきっかけになると思う |
| | 免許不要で乗れるところがいい |
| ネガティブ | デザイン性がよかった |
| | スピード加速時に少し怖いと感じた |
| | 立ち乗りのスピード感が実際より速く感じた |
| | 急カーブでの安全性（転倒の懸念）や、高齢者の誤操作などが心配 |
| | 道が不安定だと怖く感じる。また、段差には弱いと感じた |

【乗り心地】



【導入されれば利用したいか】



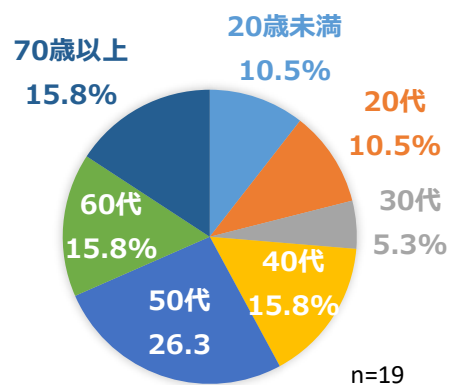
(3) 次世代モビリティ体験会

調査結果（アンケート調査） <ロボリーション>

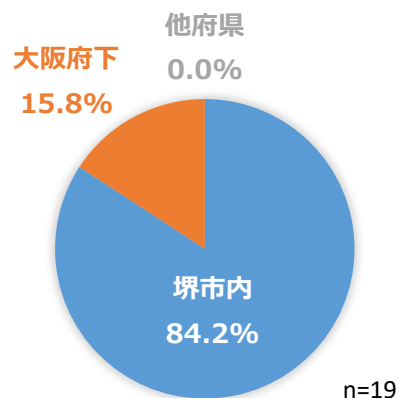
○次世代モビリティ（ロボリーション）に乗車し、さかい利晶の杜の館内ガイドを体験いただいた方を対象に、**計19名**にアンケート調査を実施した。



【年代】



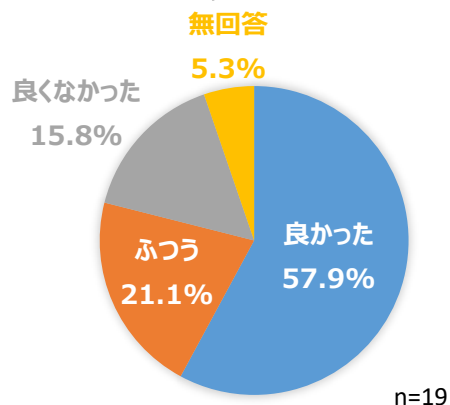
【居住地】



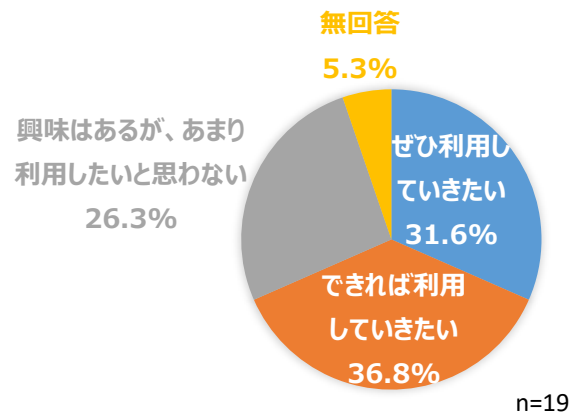
自由意見（一部抜粋）

| ポジティブ |
|---------------------------------|
| 走行中のスピードは遅すぎず、ストレスを感じなかった |
| 自分で操作し、前進して展示物に近づくことができると便利だと思う |
| 説明を聞くのにヘッドフォンかイヤフォンがあればより快適だと思う |
| 数人でまわる場合、横並びにもなれるといいと思う |

【乗り心地】



【導入されれば利用したいか】



| ネガティブ |
|-------------------------------|
| 展示物に対して平行に止まると、体を回さないと見えにくかった |
| 閲覧中、首が疲れた |
| 前輪が大きいので、旋回時に足に当たるがあった |

(4) デジタルデバイスを活用した情報発信

実験概要

<デジタルサイネージ設置>

- デジタルサイネージを活用した情報発信による移動利便性・回遊性の向上に向けて、大日本印刷(株)に協力いただき、さかい利晶の杜のデジタルサイネージに自動運転車両の位置情報等を表示する実証実験を実施した。

【デジタルサイネージ表示内容】

- ①自動運転ルートMAP：自動運転車両の運行ルートと周辺イベント施設のアイコンを表示。
- ②QRコード：イベントMAP用のQRコードを読み込むことで、操作可能なデジタルMAPをスマートフォンに表示。また、既存アプリのQRコードを表示し、公共交通の運行状況がわかるアプリへ誘導。
- ③イベントバナー：イベント情報を表示。



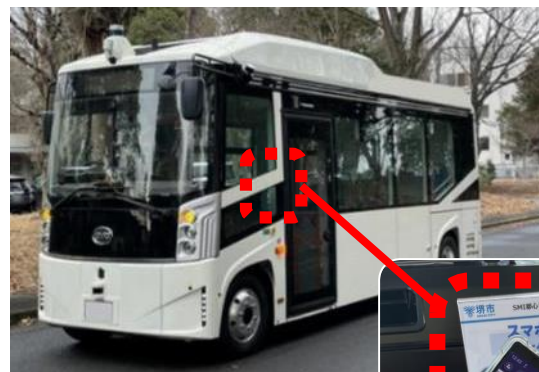
11/11～11/13の3日間でQRコードを介してデジタルMAPを体験したのは、関係者を含め**106名**。

実験概要

<NFCタグプレート活用にかかる検証>

- 将来的に決済機能を付随できるNFCタグプレートの社会受容性検証のため、自動運転車両の乗降口にNFCタグプレートを設置し、乗車モニターが降車する際にスマートフォンをかざすと対応メッセージを表示する実験を実施した。

車内の乗降口付近にNFCタグプレートを設置し、スマートフォンの「NFC」機能をONにした状態かつホーム画面ロックを解除した状態でタグプレートにかざすことで、対応する画面を表示。



降車用に設置したNFCタグについて、自動運転車両の参加モニターのうち、**約33名**の方が体験。

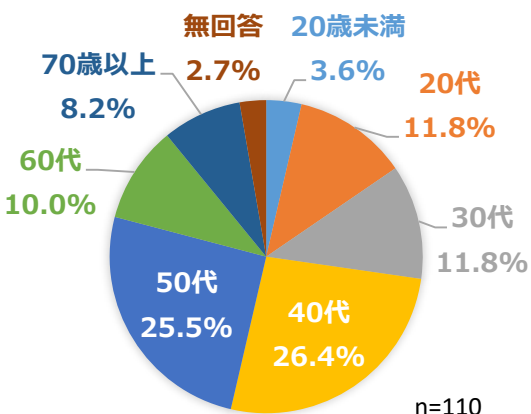
(4) デジタルデバイスを活用した情報発信

調査結果（アンケート調査）

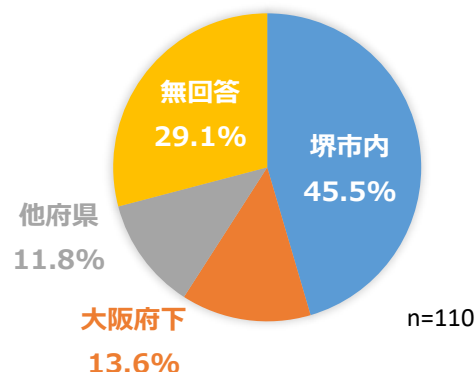
○デジタルサイネージを活用した情報発信を体験いただいた方を対象に、**計110名**にアンケート調査を実施した。



【年代】



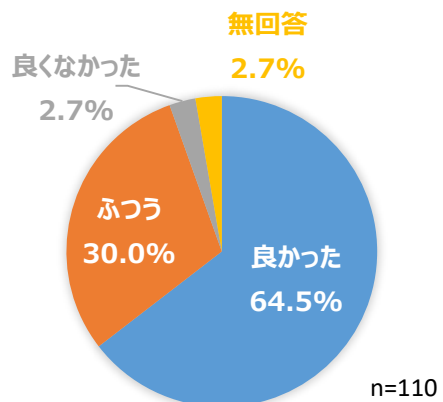
【居住地】



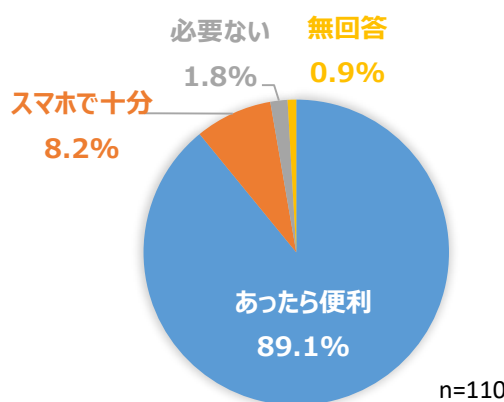
自由意見（一部抜粋）

| ポジティブ |
|---|
| 停留所等での情報発信によりバスなどが利用しやすくなれば、車に乗らない人にとってはありがたい |
| 情報を入手しやすくなり、移動が便利になる取組のため、早期に実現してほしい |
| 他の交通機関のリアルタイム運行情報や、公共交通の車内の混雑状況などを表示してほしい |
| マップ上のアイコンにカーソルを合わせると表示される説明は、写真などを出した方が見やすく、わかりやすいと思う |

【情報は見やすかったか】



【駅や停留所への設置ニーズ】



| ネガティブ |
|---|
| スマホ上でマップの切り替え機能が作動しなかった |
| バスの現在地がわかりにくかったため、もっと目立つようアイコン等を工夫してほしい |
| バスの現在地がアイコンとずれていた |

とりまとめ

| 調査項目 | | 調査結果 | 課題 |
|------|-----------------------|---|---|
| (1) | 自動運転電動車両 走行実験・正着実験 | <ul style="list-style-type: none"> ○自動運転率は平均で62.4%であった ○仮設停留所での正着距離は平均で354mmであり、隙間の無いバリアフリーな乗降には至らなかった ○乗車前は不安であったが、乗車してみると安心感があり乗り心地もよかったという意見や、早期の実現を期待する意見が見られた ○一方で、障害物回避のための手動介入の多さや、ブレーキの強さ、停留所での停車精度など、課題や改善点を挙げる意見も多く見られた | <ul style="list-style-type: none"> ○正着精度の向上等に向け、導入する自動運転の仕様について検討が必要 ○停留所について、バスが正着しやすくバリアフリーに利用できる構造・形状について検討が必要 |
| (2) | 停留所付近の 待合休憩スペース設置 | <ul style="list-style-type: none"> ○停留所付近、大小路沿道での滞留空間（待合休憩スペース）のニーズが一定数確認できたが、企画に関するPRが不足している等の意見が見られた | <ul style="list-style-type: none"> ○定期的な実施などによる認知度の向上、取組の定着が必要 ○沿道の民間敷地や歩道空間も含め、滞留空間を設ける場所や空間のあり方、管理方法などについて検討が必要 |
| (3) | 次世代モビリティ 体験会 | <ul style="list-style-type: none"> ○次世代モビリティの活用について、様々な用途でのニーズが一定数あることが確認できた | <ul style="list-style-type: none"> ○公道や屋外にも対応したモビリティの活用について検討が必要 ○さらに詳細にニーズを把握したうえで、配置する場所も含め、導入に向けたビジネスモデルの検討が必要 |
| (4) | デジタルデバイスを活用した 情報発信 | <ul style="list-style-type: none"> ○デジタルサイネージ等による公共交通のリアルタイム運行情報などの表示について、一定数のニーズがあることが確認できた | <ul style="list-style-type: none"> ○回遊性向上に繋がる情報発信の内容について検討が必要 ○有効な設置場所について検討し、実証実験等を通じて発信内容について精査が必要 |