

鳥取市自動運転実証実験 成果報告書

WILLER株式会社
2022年3月16日

実証実験概要

◆事業目的

- ・ 鳥取砂丘東側と西側の主要観光スポットをつなぐ自動運転による観光周遊バスの導入を目指し、実証運行を実施する
- ・ 将来的に無人自動運転バスを導入することで交通事業者の運転手の高齢化、人材不足の解消に繋げ、新しいモビリティの導入環境を整える

◆地域課題

鳥取砂丘西側にはこどもの国、キャンプ場、ゴルフ場、宿泊施設などが立地し、個々の施設へ行くという目的を持った人が訪れるエリアとなつてはいるものの、地形の高低差が大きく、施設同士や駐車場も分散しているため徒歩での移動は容易ではない。また、鳥取砂丘東西を結ぶ公共交通がないことなどから、砂丘東側の賑わいが砂丘西側まで波及せず、施設は老朽化し、未利用施設や未活用地も多くある。

鳥取砂丘全体に賑わいを創出するため、日帰り観光地から滞在型観光地への転換が必要と捉え、滞在時間の延長を目的とした東側の魅力アップならびに公共施設であるサイクリングターミナルやキャンプ場のリニューアル、ラグジュアリーホテルのオープンなどに合わせ、それらを結ぶ新しい移動サービスを提供する。



◆実証内容

①将来的な無人自動運転バス運行に向けた有人自動運転の実証運行

NAVYA車両1台を5日間運行し、実用化に向けた検証。

- ・ 自動運転バスによる運行技術検証
- ・ オペレーター教育（自動運転知識・操作技術）

②周遊観光のしくみ検証

車窓に砂丘周辺・鳥取市の観光を映写し、鳥取の観光を周遊するきっかけに。

- ・ 映写技術検証（フィルム、プロジェクターの最適化）
- ・ 周遊観光コンテンツ検証

実証実験概要

◆運行日時

- ・実証：
2022年2月17日・18日・19日・20日・23日
3月1日・2日・4日・5日・6日 の計10日間
(準備期間：2021年12月1日～2022年2月16日)

◆実施体制

実施者：日ノ丸自動車株式会社、日本交通株式会社、麒麟のまち観光局、WILLER株式会社
運行会社：日ノ丸自動車株式会社、日本交通株式会社、
協力：鳥取市、鳥取砂丘会館、チュウブ鳥取砂丘こどもの国
事業アドバイザー：Singapore Technologies Engineering Ltd (ST Engineering)
車両設定：BOLDLY株式会社

◆使用車両について

フランスのNAVYA社製「ARMA」を使用。安全のため、セーフティオペレーター（運転者）と保安員が同乗。

[車体寸法] 全長：477cm/全幅：210cm/全高：261cm

[車両重量] 車両のみ：2,490kg/ 車両総重量：3,260kg

[位置把握] RTK GNSS測位、LiDAR測位、オドメトリ

[最高速度] 19km/時

[定員] 14名(セーフティオペレーター、保安員含む)

本実証では安全性に考慮し、立席を運用せず最大8名定員とした。



車両概要

◆自動運転のしくみ

自動走行に必要な測位システム、センサー等を搭載し、直進、加減速、停止、左折、右折について、システムにより自動で制御。

● 設定

走行をはじめる前に、運行の基準となるマップを用意。実際の運行ルートに沿ったスキャンニングデータから、運行に必要な「3Dマップ」を生成する。

● 認知

GNSSとLiDARの技術を活用した認知システムによって、車両の現在地の習得や付近の潜在的な障害物検知が可能。

● 判断

収集したデータや自己位置をもとに、道路上の歩行者や他の車両等の障害物との相互影響を判断。

● 操作

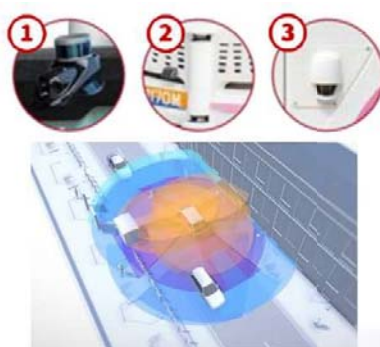
収集したデータを元に車両が安全と判断した場合、行動指示に従って駆動装置が起動し、走行する。

センサーについて

主に2種類のセンサーを用いて周辺状況を収集し、自己位置把握や障害物検知をする。

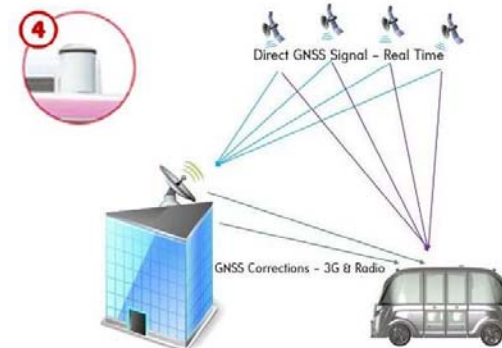
● 障害物を検知する2種類のLiDAR

周辺360度を監視する3D LiDARと、路面24cm以上の高さの動きを検知する2D LiDAR。2種類のLiDARを使用して、障害物を検知する。



● 車両位置を推定する衛星測位システム

高精度なGNSSを活用しており、基地局と通信して位置情報を補正することで、数cm単位で車両の位置を正確に推定することが可能。



① 実証実験概要

Confidential

運行ルート・ダイヤ

◆運行ルート



◆乗り場

砂丘会館駐車スペース



◆運行ダイヤ

便名	出庫	試走	試走				入庫	出庫	試走				入庫		
			1	2	3	4			5	6	7	8			
【緑ナンバー】 2月17日～20日・23日	行先	鳥取砂丘こどもの国	鳥取砂丘会館	鳥取砂丘こどもの国	鳥取砂丘会館	鳥取砂丘こどもの国	鳥取砂丘会館	鳥取砂丘こどもの国	鳥取砂丘会館	鳥取砂丘こどもの国	鳥取砂丘会館	鳥取砂丘こどもの国	鳥取砂丘会館	鳥取砂丘こどもの国	
	乗降場所・通過場所	km	h:m	BT											
D 砂の美術館	0.55	98.0	90.1	83.1	75.2	68.2	60.3	53.3	51.3	79.3	71.4	64.4	56.5	49.5	47.5
A 砂丘会館	0.00		9:30							14:00					
1 鳥取砂丘入口交差点	0.65														
2 子供の園交差点	1.55														
3 鳥取砂丘こどもの園入口	2.10														
B 鳥取砂丘こどもの園	2.40		9:33							14:03					
5 鳥取砂丘こどもの園入口	2.55														
6 子供の園交差点	3.10														
7 鳥取砂丘入口交差点	4.00														
C 砂丘会館	4.65														
D 砂の美術館	0.55														

試乗者について

関係者試乗については、関係者で取りまとめ
一般利用者は専用サイト（電話受付あり）で募集

◆実証関係者（計画）

2月17日・18日の計2日間
人数：40名

◆一般利用者（計画）

2月19日・20日・23日
3月1日・2日・4日・5日・6日の計8日間
人数：160名

◆悪天候により運行が難しい場合の対応
雪などによる運行可否の判断は前日行い、
WILLERからお客様へ連絡。

◆一般利用者向け特設サイト



運行実績

◆運行便数（計画）

	2/17	2/18	2/19	2/20	2/23	合計	3/1	3/2	3/3	3/4	3/5	3/6	3/7	3/8	合計	全体合計
一般	—	—	4	4	4	12便	4	4	—	4	4	4	—	—	20便	32便
関係者	4	4	—	—	—	8便	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8便

◆乗車人数（計画）

	2/17	2/18	2/19	2/20	2/23	合計	3/1	3/2	3/3	3/4	3/5	3/6	3/7	3/8	合計	全体合計
一般	—	—	20	20	20	60名	20	20	—	20	20	20	—	—	100名	160名
関係者	20	20	—	—	—	40名	—	—	—	—	—	—	—	—	0名	40名

◆運行便数（実績）

	2/17 ^{**}	2/18 ^{**}	2/19	2/20 [*]	2/23 [*]	合計	3/1	3/2	3/3 [*]	3/4	3/5 [*]	3/6 [*]	3/7 ^{**}	3/8 ^{**}	合計	全体合計
一般	—	—	4	運休	運休	4便	4	4	5	4	5	6	—	—	28便	32便
関係者	運休	運休	—	—	—	0便	—	—	—	—	—	—	5	6	11便	11便

◆乗車人数（実績）

	2/17 ^{**}	2/18 ^{**}	2/19	2/20 [*]	2/23 [*]	合計	3/1	3/2	3/3 [*]	3/4	3/5 [*]	3/6 [*]	3/7 ^{**}	3/8 ^{**}	合計	全体合計
一般	—	—	19	運休	運休	19名	19	19	19	15	22	24	—	—	118名	137名
関係者	運休	運休	—	—	—	0名	—	—	—	—	—	—	15	21	36名	36名

*2月20日、23日を降雪のため運休止し、3月3日、5日、6日を増便

**2月17日、18日を降雪のため運休止し、3月7日、8日に振替

メディア掲載情報

合計**135**件 (◆TV 4件 ◆WEB 118件 ◆紙面 13件) (2022年3月10日時点)

以下抜粋



将来をバス会社は考えている部分を見てもらえたらありがたい

1/24(月) 15:27 動画

ITmediaビジネス
ONLINE



移動・観光eコマースの開発・運営を手掛けるWILLER (大阪市) は、鳥取県内でバスやタクシーを運行する日本交通 (鳥取市)、日ノ丸自動車 (鳥取市)、鳥越のまち観光局と共に、鳥取砂丘周辺の公道で自動運転の実証実験を実施すると発表した。

【画像】運行ルート

同エリアでは、キャンプ場やサイクリングターミナルの再整備、高級リゾートホテルの開業が予定されている砂丘の西側と、観光の中心である東側とをつなぐ2次交通の確保が課題となっている。実験を通じ、将来的な無人自動運転サービスの実現に向け環境の整備を進める。

期間は2月17~20日・23日、3月1~2日・4~6日の計10日間、鳥取を代表する観光地「鳥取砂丘」の東西をつなぐ片道約2キロを1日4往復運行する。また、2月中はフランス・ナビヤ社製の自動運転バス「NAVYA ARMA (ナビヤ アルマ)」を事業用の緑ナンバーで運行する。発表によると、ナビヤ アルマを緑ナンバーで運行するのは日本初だという。



ゆるり未来へ 自動バス

乗りバス 記者が試乗

さようからバス実証運行



移動手段のニーズ、課題探る

鳥取市の鳥取砂丘周辺で自動運転バスの実証運行が行われ始まる。公共交通がなかった砂丘エリアを観光客が訪れる。3月6日(土)の計10日間、全日本、片側車道は市内の観光地を結ぶ「ナビヤ アルマ」の自動運転バスが試験運行する。15日に実証運行が公開された。

砂丘周遊に自動運転

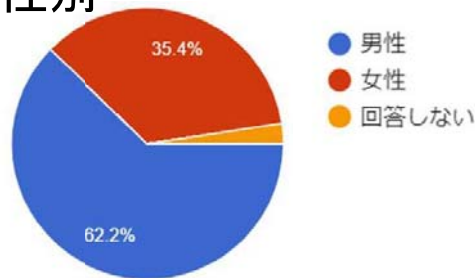
③アンケート結果

Confidential

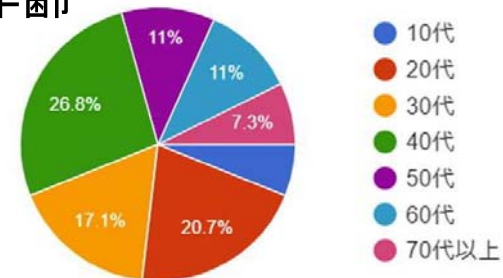
◆回答者属性

回答者の約6割が男性、年齢は約4割が30代～40代、約2割が20代。

性別



年齢



◆利用のきっかけ

参加動機として、自動運転技術に興味があったと回答した方が約7割いた。

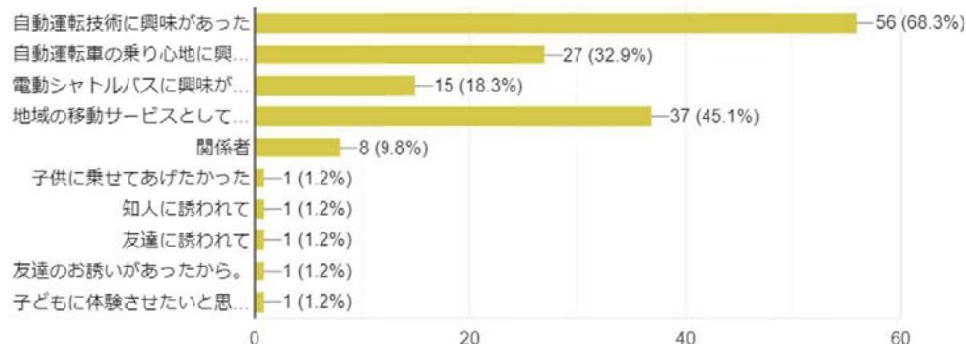
次いで、地域サービスへとしての興味、車両の乗り心地への興味があったとの回答が多く、自動運転に対する消費者の興味が高いことが伺える。

知得のきっかけとして、鳥取市の発信媒体（広報誌、HP、SNSなど）を含む回答をした方が約6割いた。

その他、口コミ・知人の紹介と、新聞・TVなどのメディアでの知得が全体の回答のうちそれぞれ約2割であった。

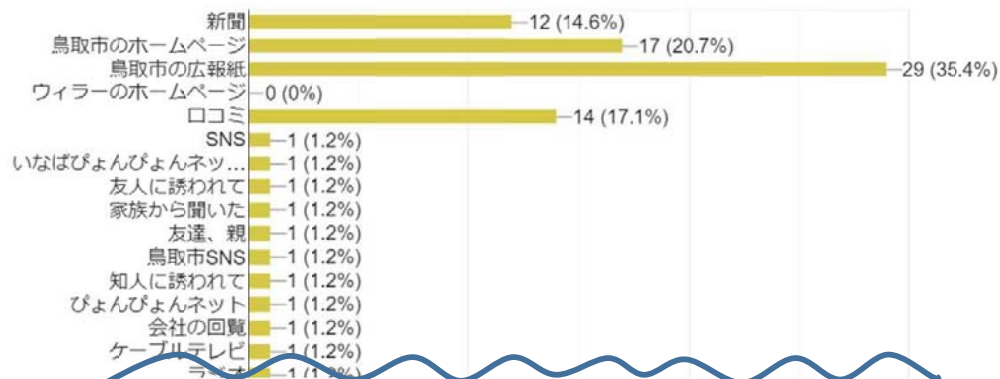
自動運転モニター試乗に参加しようと思った理由を教えてください。

82件の回答



今回の試乗について何を見て知りましたか

82件の回答



③アンケート結果

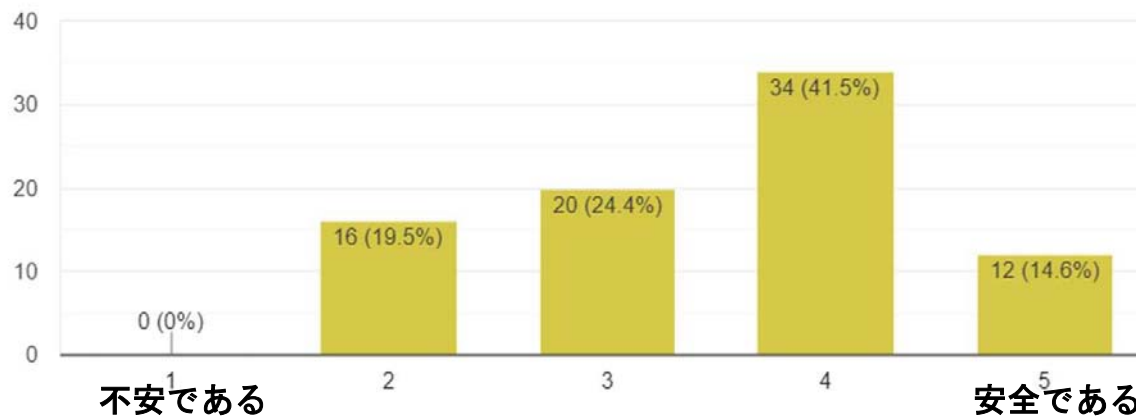
Confidential

◆安全性について

半数以上の回答者が概ね安全と評価している。

自動運転バスの安全性について、どう感じられましたか

82 件の回答

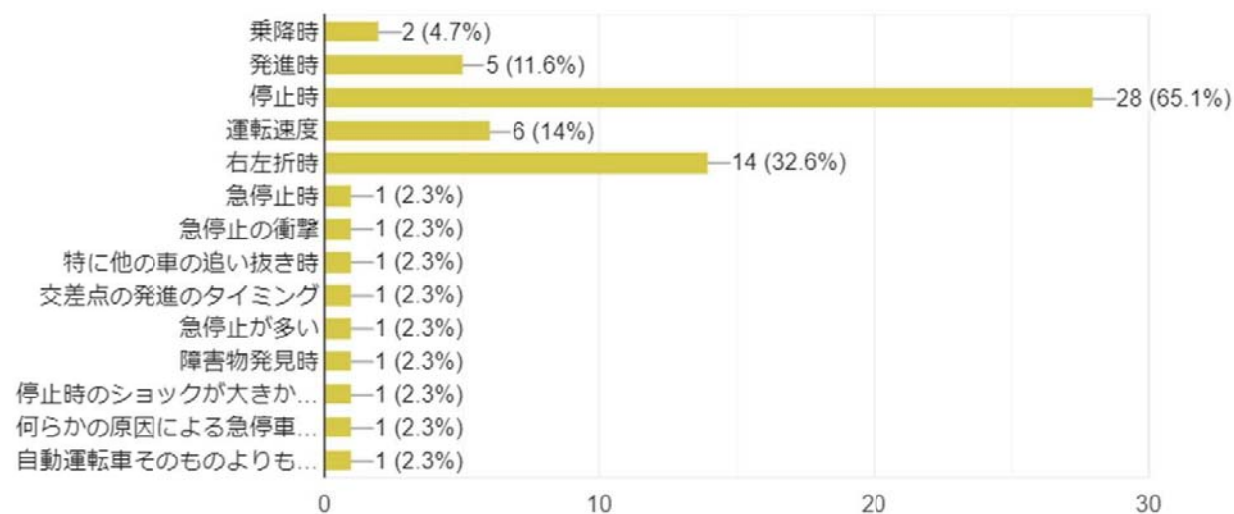


◆不安に感じたシーン

不安を感じたシーンとして、約7割の方が停止時と回答しており、強めのブレーキがかかった際に不安に感じられたと推測する。

不安があると答えた方に質問です。どのシーンで不安を感じましたか。

43 件の回答



③アンケート結果

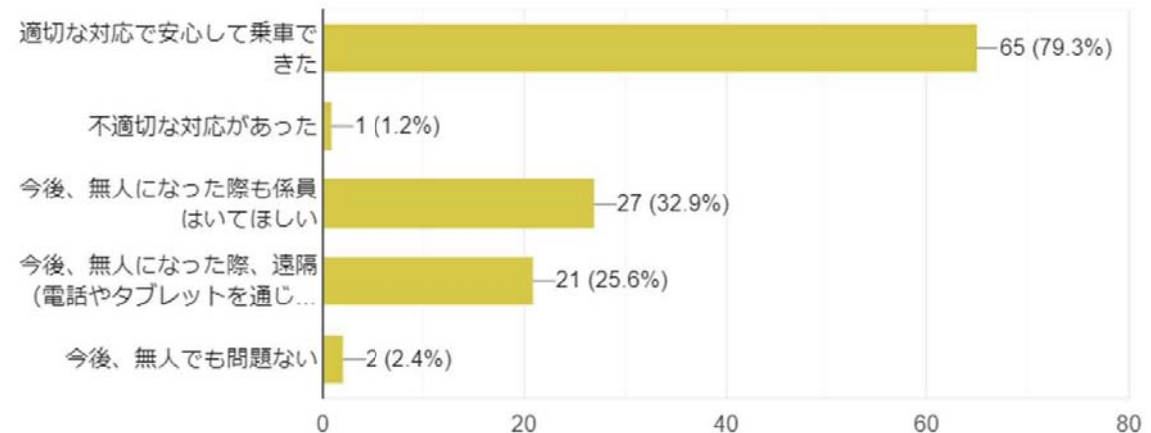
Confidential

◆オペレーターについて

今回のオペレーターについて、安心して乗車できたと回答した方は8割。
しかし無人になった際も係員はいてほしいと回答した方が3割あり、今後無人でもよいとの回答より多い結果となった。

オペレーターや保安員についてどう感じましたか

82件の回答

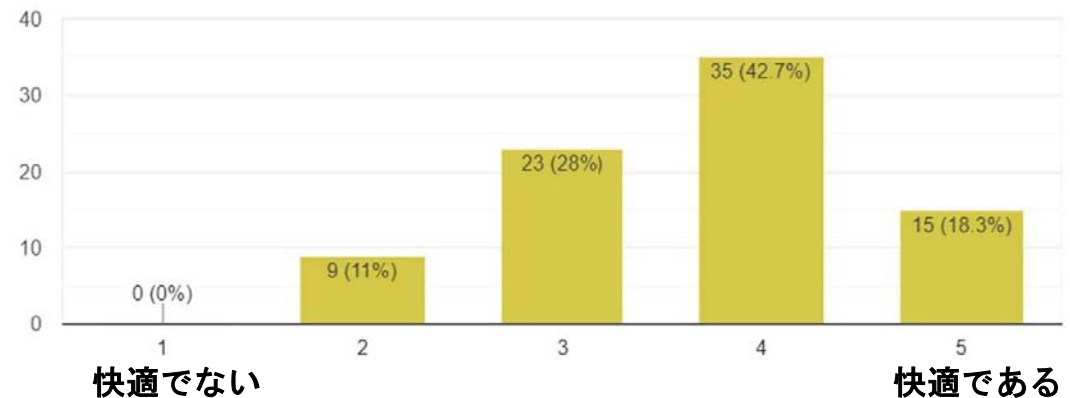


◆快適性について

6割以上の方が概ね快適と評価している。

自動運転バスの快適性について、どう感じられましたか

82件の回答



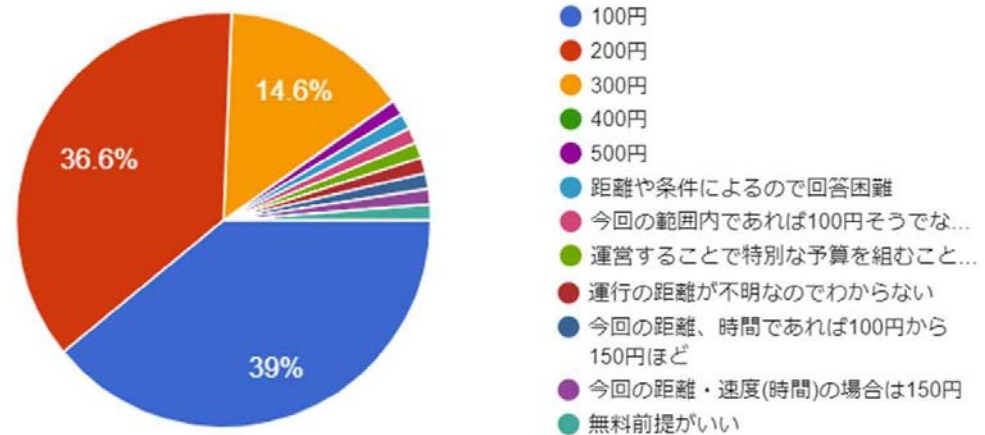
◆自動運転サービスの将来性

回答者の4人に3人が運賃は200円以下が適当と回答しており、有償サービスとして受容される見込みがあると考えられる。

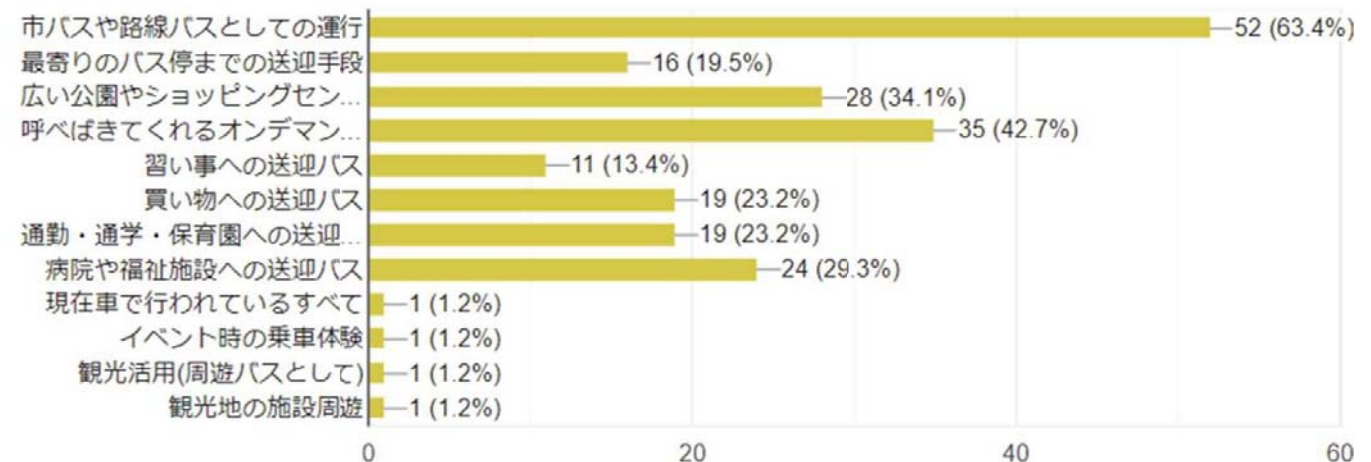
市バスや路線バスとしての運行で利用するという回答が6割であった。その他オンデマンド交通や送迎など、全体的に普段使いでの利用検討が多く見受けられた。

有料で運行する場合、運賃はいくらが適当と思われますか

82件の回答



今回の自動運転車両を活用した、以下のようなサービスがあったら利用しますか。 82件の回答



③アンケート結果

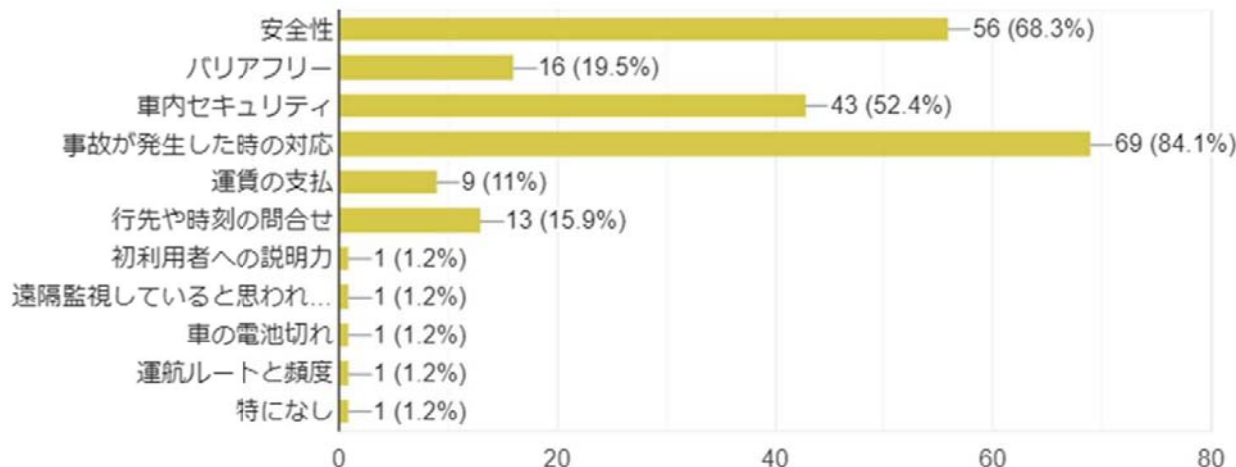
Confidential

◆無人での自動走行について

回答者の約8割が事故発生時の対応、約7割が安全性、約5割が車内セキュリティに関して気がかりと感じている。

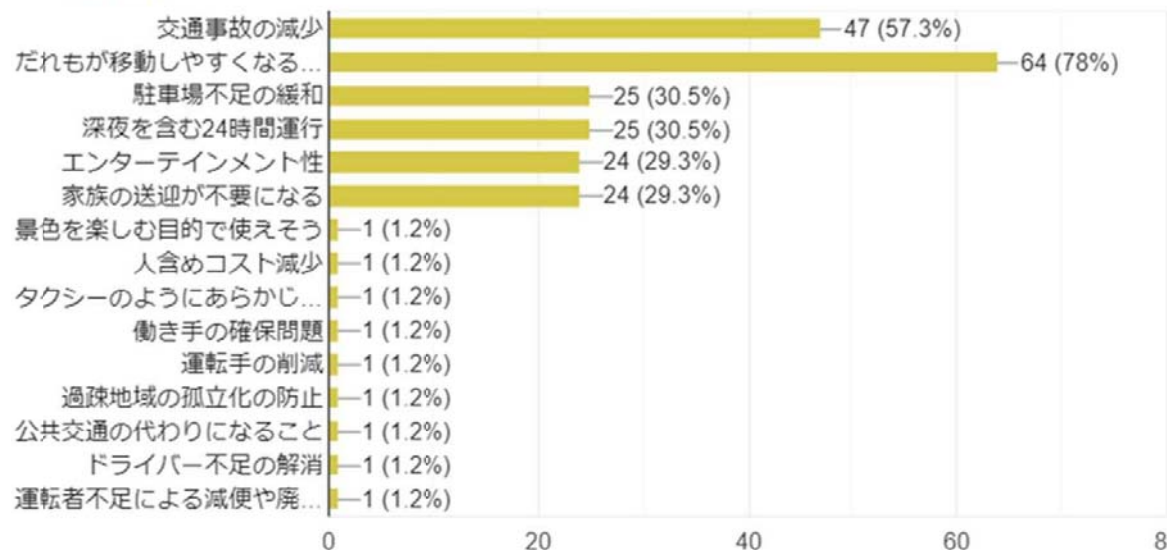
将来期待することとしては、約8割の回答者が誰もが移動しやすくなること、約6割が交通事故の減少を期待している。その他、利便性向上を望む回答も一定数見受けられた。

将来、無人で有料の自動運転が実現した場合、気がかりなことを教えてください。
82件の回答



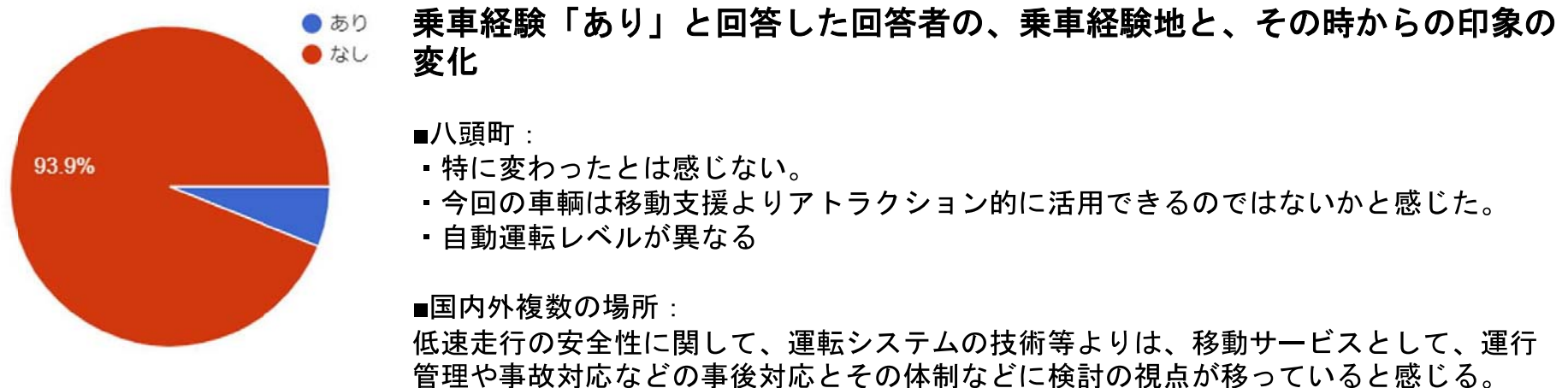
将来、無人での自動運転に期待することは何ですか

82件の回答



◆これまでの自動運転乗車経験について

回答者の9割以上が今回が初めての試乗と回答。



乗車経験「なし」と回答した回答者の、自動運転バスに試乗する前後の印象の変化（一部抜粋）

- ・当日は雨が降っていたため、衛星測位システムが正しく反応するのか心配でしたが、走行位置や車線を正しく認識しており、精度が高いと感じました。また、周囲の障害物に対して逐次反応するイメージがありましたが、「動いているもの」を対象にしており、認知システムが正しく取捨選択を行っていると感じました。さらに、「こどもの国」に設置されていた回転場での曲がり方が想像していたよりも滑らかでコーナリングの技術の高さを感じました。
- ・スピードがゆっくりなので、減速や停車に伴う揺れなどは少なかったが、車線変更のなど左右の揺れを感じた。自動運転とは言え、オペレーターは必要と感じた。
- ・スピードが遅めだったので、安心感がありました。
- ・緊急停止機能があり、安全だと感じた。快適でした。
- ・停車・カーブなど自動運転でしっかりできるのかとと思っていたが、思っていたよりも滑らかでとても驚いた
- ・停止時にきつめにブレーキがかかると思っていたが、それほどでもなかった。オペレーター要の自動運転であったため、不安が払拭されたわけではない。

◆その他意見・感想（参考）

- 貴重な体験ができました。ありがとうございました。
- 中で流れている映像よかったです。一つ残念なのは光の具合やドアのところなので見づらいこと。
- 今回、緑ナンバーを取得したナビヤ車両ということにとっても感心を持った。試乗タイミングでは白ナンバーではあったが、移動サービスの実装に向けて緑ナンバーは大きな一歩と感じた。
- 停車時が少し怖かったのでそこだけ気になりました。あとはすごいです！
- 鳥取はますます人口減の道を歩みそうな状態であるので、他を模倣するのではなく、全く新しい取り組みをどんどん行うべきである。そのためには人流の流失前の学生の意見をしっかり取り入れるべきである。
- 乗務員の方からお話お聞きして、雪道など事前に読み込んだ地図データにない道路状況の対応が大きな課題かと感じました。
- 将来的には無人で、客のみ乗車となると、車内で犯罪が起きた時など、管理会社がリアルタイムに映像が確認できるシステムなどがあると、乗客としては安心できます。
- 本日の段階であるなら、観光客向けの運行としての利用価値はある。市民が日常に使えるバスとしては、市内で走るなら、スピードに課題がある。
- 思ったより速度がある感じて、とても乗り心地がよかった。保安員さんが、いろいろ質問に答えてくださり、実用化にはまだまだ検証が必要のように言われていたが、このように広く市民に公開していただけるとありがたい。体験していない人にも伝えたい。
- 砂丘の様な観光地利用ももちろんだが、バスの本数の少ない山間地域のコミュニティバスとしての運用が切望される。

検証結果

◆ 検証項目

① 将来的な無人自動運転バス運行に向けた有人自動運転の実証運行
NAVYA車両1台を5日間運行し、実用化に向けた検証。

- ・ 自動運転バスによる運行技術検証
→ 積雪地域での運行条件が以下の通り確認できた。

1. 降雪時



降雪量が多く、雪の結晶の大きさも大きいため、降雪時はほとんどの場合、センサーが雪を障害物ととらえ減速がかかるため正常に運行ができない。

2. 積雪時の影響

積雪が溶けた時にできた水溜まりの水面の反射や、自他車が跳ねた水しぶきをセンサーが障害物として検知し停車することがあった。

3. 積雪時の道路上の除雪について



高さ30cm程度を超える積雪はセンサーが障害物として検知して停車。センサー検知範囲を白線ぎりぎりまで設定しているため、白線外側まで除雪する必要があった。

4. 除雪車で対応できない場所



除雪車が入った後も、信号機のない横断歩道脇の歩道上は自動走行で検知範囲としているため、人手での除雪が必要だった。概ね30cm以下に雪を均した状態であれば走行可能。

砂丘の飛砂の影響

強風時に砂丘の砂が舞った日でもセンサーや機器に影響はなく、安全に走行できた。

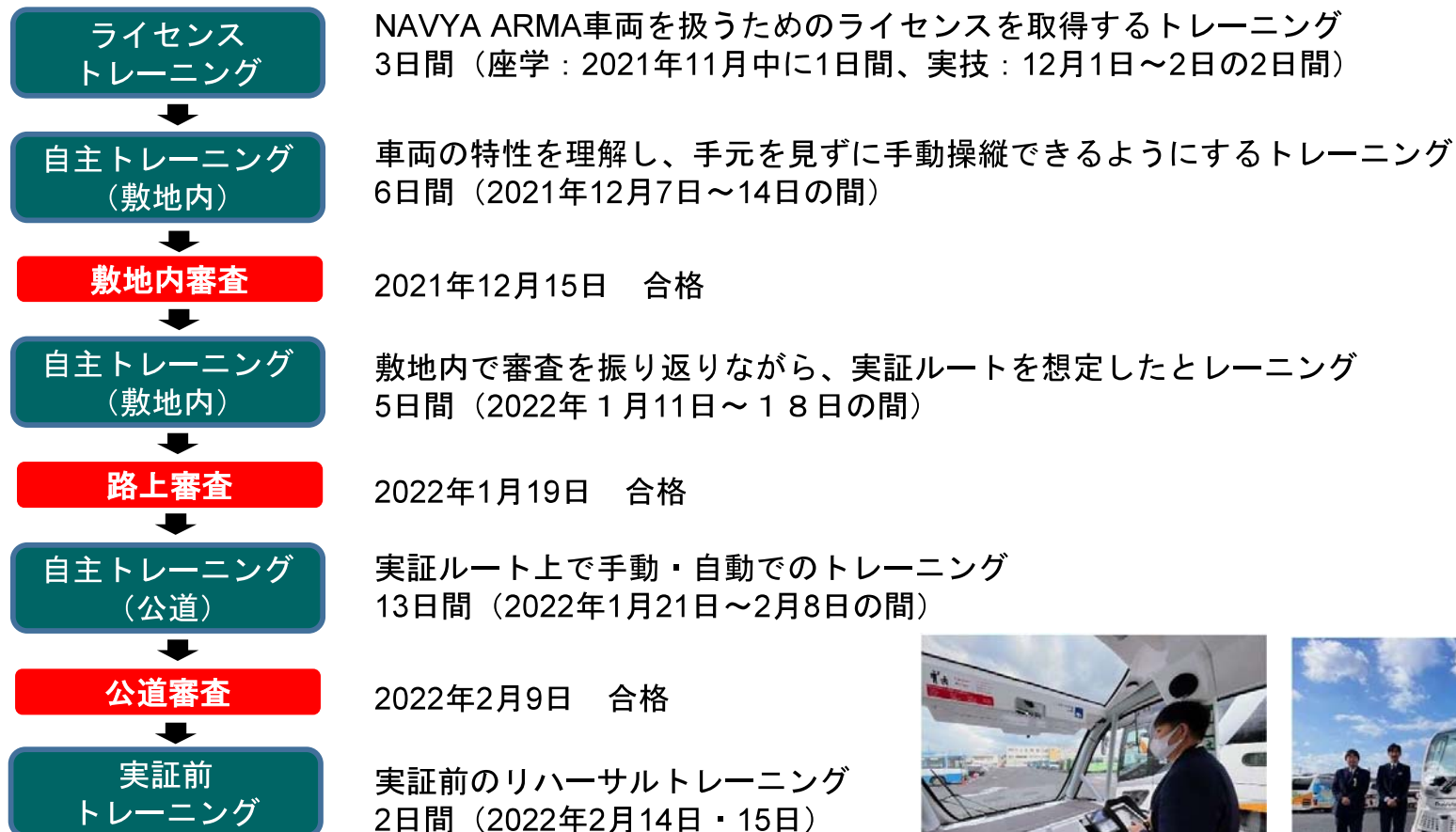
検証結果

◆ 検証項目

① 将来的な無人自動運転バス運行に向けた有人自動運転の実証運行

- ・オペレーター教育（自動運転知識・操作技術）

以下の流れでトレーニングを実施し、自動運転車両のオペレーターとして習得ができています。



検証結果

◆ 検証項目

② 周遊観光のしくみ検証

車窓に砂丘周辺・鳥取市の観光を映写し、鳥取の観光を周遊するきっかけにつなげ、観光需要の創出を目指す。

・ 映写技術検証（フィルム、プロジェクターの最適化）

➤ 設置方法

投影するプロジェクターを座席の下に設置し、窓に動画を投影。



➤ フィルムの条件

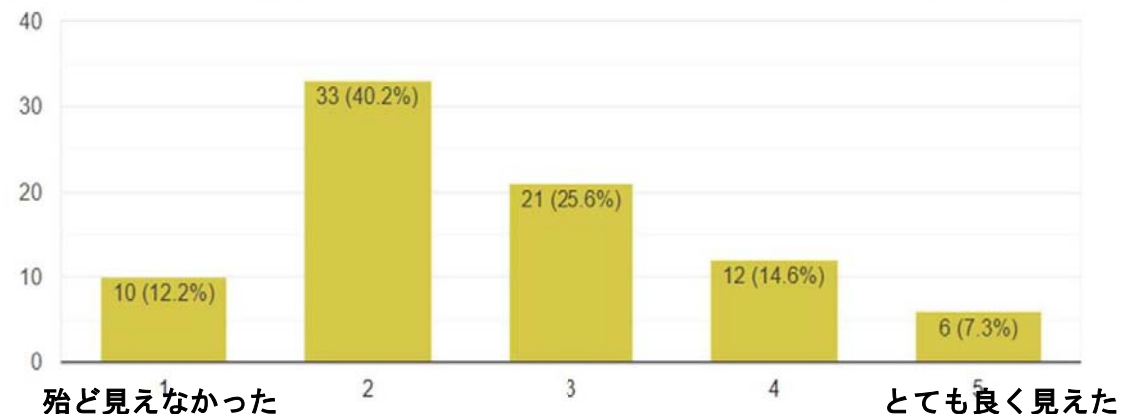
特殊フィルム単体では外部への光漏れ、車内からの視認性が低いため、遮光フィルムを併用した。



➤ アンケート結果

視認性について、見えなかったという回答が半数の結果となった。動画投影については肯定的な意見もあったことから、今後の課題は視認性の向上である。

ドアガラスへの映像投影の視認性について、どう感じましたか。 82 件の回答

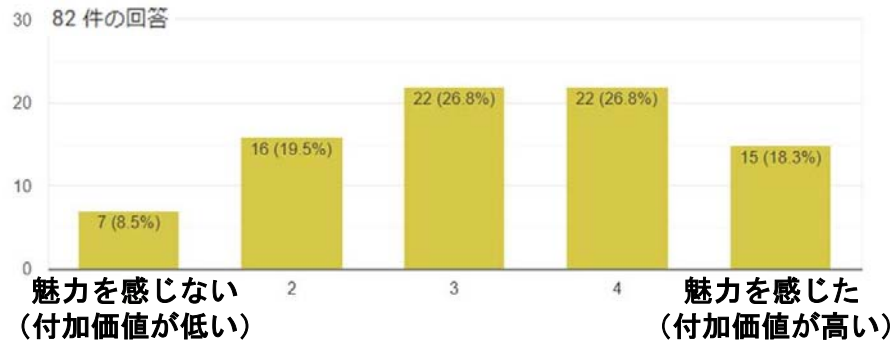


検証結果

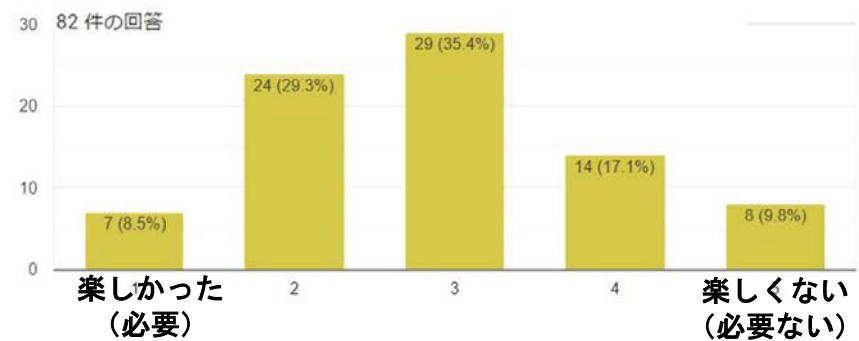
・周遊観光コンテンツ検証：アンケート結果

車内での動画について、概ね楽しかったとの回答は約4割にとどまった。しかしドアガラスへの映像投影に対して魅力を感じたという回答は4割以上あった。映像投影する行為には魅力を感じられる人がいたことが伺える。期待する映像の内容については、鳥取砂丘のアクティビティ、鳥取市の観光情報、特産品のうちいずれかまたは複数を選択した方が9割近くいた。

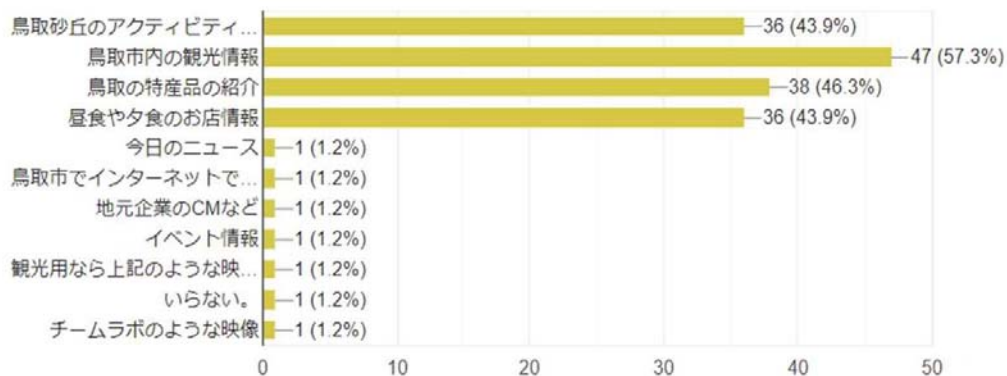
ドアガラスへの映像投影について、魅力を感じましたか。



車内での動画について、どう感じられましたか



82 件の回答 (複数回答可) 今後どのような内容を期待しますか？



映像の内容について今後どのような内容を期待しますか？ (一部抜粋)

- ・映像に触れると変化が起きるようなもの。
- ・貸切でイベント実施(家族で、カップル、試写会など)
- ・今現在どこを走行中なのかを示す地図情報 (周辺の施設情報も加える)
- ・投影映像の情報をQRコードなどで、取得できるサービス

⑤実証実験の様子

Confidential

◆自動運転車両（外観）



◆自動運転車両（車内）



◆乗り場の様子



◆走行シーン



周囲環境の自動走行への影響

◆走行ルートの特徴による影響

今回の走行ルート特有の環境により、走行中影響を受けることがあった。



リフト

- ・HR低下傾向：70～80前後
- ・リフト下通過時にGNSS通信低下傾向

進行方向が2車線時の信号機のない横断歩道（区間内6か所）

- ・車両が一方の車線を走行中に、もう一方の車線の走行車が横断歩道を通過する際に歩行者として検知し急停止が発生。

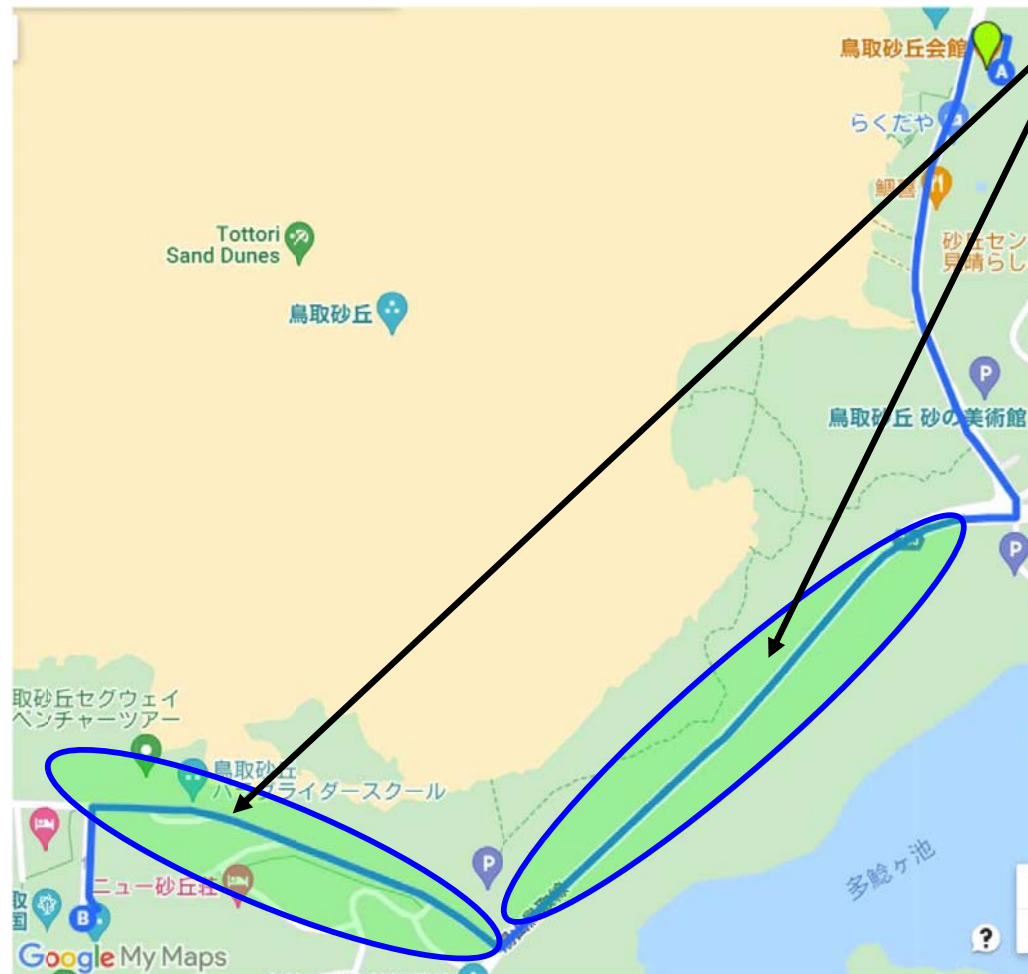
建設中エリア

- ・建設途中のため、建築物形状変化や工事車両移動によるHR低下傾向(HR:40～80前後)

※HR（Hit Ratio）：3Dマップとの適合率 20

周囲環境の自動走行への影響

◆自然環境による影響



街路樹剪定エリア

・街路樹の枝葉がセンサー検知範囲（白線内側）まで伸び、センサーに検知され減速がかかるため、実証前に剪定し干渉を防いだ。



剪定前



剪定後

雨粒の検知

・降雨時、雨粒が大きいとセンサーが雨粒を検知し急停止することがあった。

実証結果のまとめと今後の自動走行に向けた検討事項

◆実証結果

①将来的な無人自動運転バス運行に向けた有人自動運転の実証運行について

本検証では、合計43便で173名が自動運転バスに試乗し、鳥取市の天候特徴もふまえた自動運転の運行条件を確認することができた。

降雪の場合は運行が困難であり且つ除雪時には工夫が必要であること、砂丘の砂は運行に支障がないことがわかった。オペレーターの教育や運行会社との協力により、運行した全便を無事故で完走することができ、市民からのフィードバックにおいても自動運転の安全性・快適性に対して肯定的な回答を得られた。

②周遊観光のしくみ検証について

本検証では、車内動画投影のための技術に関する課題が見つかった。

試乗者へのアンケートでは回答者の約半数が動画の視認性が良くないと回答し、映写技術の改善が必要である。

一方で、車内への映像投影には付加価値を感じた回答者が4割以上おり、コンテンツ内容についても観光関連を期待する割合が9割あったことより、今後の観光客への活用が期待されている。

◆今後の本格実装に向けた、次のステップとしての検討事項案

自動走行に関する検討事項案

- 低速走行による渋滞や一般車両へのストレスを軽減するため、公共交通専用レーンの増設
- 無人でも支払や両替を対応可能にするため、キャッシュレス決済の導入
- 自動運転に関する説明会などを実施し、地域住民の受容性のさらなる向上
- 通信エラーが発生する場合の対応策
(例：GPS等の通信が遮断されても走れるプログラムの検討、カメラなど他技術の検討)

観光事業促進

- 市内の食事やお土産屋などの情報を盛り込んだ、観光客にとって有益な情報コンテンツ
- 映像の視認性を上げるための技術導入
- 利用者が関心を持つコンテンツにアクセスできるしくみの導入 (QRで情報を読み込む等)