

# R4年度実証実験 ～足利市～

---

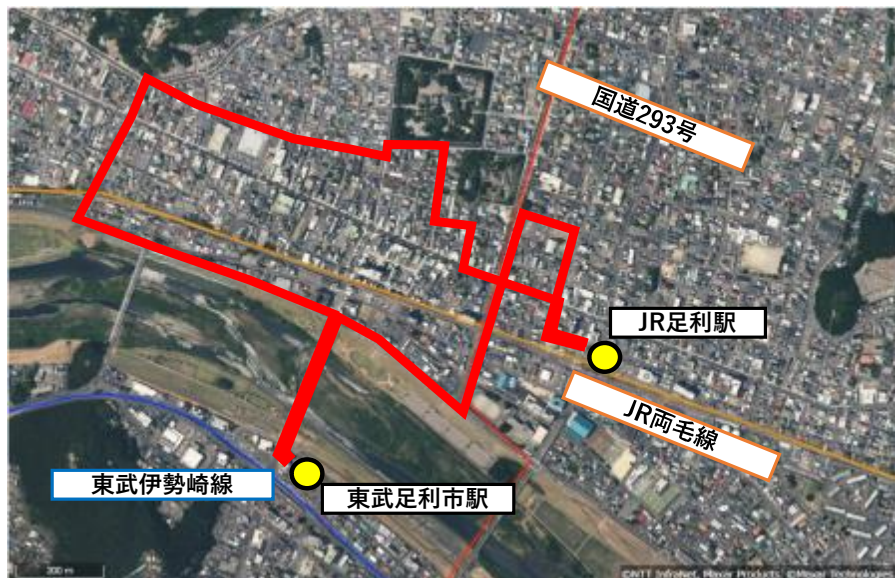
栃木県無人自動運転移動サービス推進協議会

# 0. 実験概要 (1) 実験場所等

1

## (1) 実験場所

本実験は、足利市の中心市街地エリアで実施  
走行区間は、JR足利駅～東武足利市駅および周辺の観光施設を周遊する区間



航空写真出典：NTTインフラネット

## (2) 地域の特徴・課題

- ① 交通の拠点が、JR足利駅と東武足利市駅の2箇所に分散しており、多くの観光資源を有する中心市街地にアクセスする移動手段が不足
- ② 足利市では、車中心のまちからひと中心のウォーカブルなまちづくりを推進中
- ③ 歩いて楽しいまちづくりを推進するための魅力ある歩行者空間の整備や交通拠点からの周遊性を高める移動手段確保の検討が必要

## (3) 実験目的

JR足利駅と東武足利市駅間を結び、市街地の観光施設周辺の歩車共存空間で自動運転バスを運行し、市街地における周遊性向上やにぎわいの創出、歩車共存空間における自動運転バスの導入可能性を検証

## (4) 実験車両

- ① 車両
  - ・ NAVYA ARMA
- ② 乗客人数
  - ・ 10名  
(実証実験：最大9名)
- ③ 走行性能
  - ・ 動力源：電動モーター
  - ・ 速度：20km/h未満
- ④ 自動運転レベル
  - ・ 公道：レベル2
- ⑤ その他
  - ・ 緊急時は同乗のドライバーが手動介入



## (5) 実験期間

R5 (2023) 年3月18日～3月27日

# 1. 実験結果(概要)

- 大きなトラブルもなく、概ね予定通りに運行※1
- 実験期間中には、延べ736人(乗車率 87.6%)の実験参加者が乗車
- アンケート調査(実験参加者)及びヒアリング調査(沿道店舗)、手動介入発生状況調査より、実験結果を検証

※1: 3/21 (火)の3便～6便は車両システム不良により遅延

栃木県ABCプロジェクト @足利市 足利織姫神社

# 自動運転バスに乘ろう

史跡 足利学校 足利織姫神社 足利市 足利織姫神社

運賃 無料

運行日時 3月18日(土)～3月27日(月) 9:00～18:00 (1日12便運行)

足利市に自動運転バスがやって来る!

※新型コロナウイルス等の影響により変更となる場合があります。  
※天候等の影響で、急遽運休になる場合があります。

運行区間

- 1.R足利駅
- 2.太宰記
- 3.東武足利駅
- 4.東武足利駅
- 5.輪船神社前
- 6.足利市役所前
- 7.足利市役所前
- 8.足利市役所前
- 9.足利市役所前
- 10.足利市役所前
- 11.足利市役所前
- 12.足利市役所前

お問い合わせ先

栃木県 県土整備部 交通政策課 公共交通担当  
TEL 028-623-2447(内線300～3150)  
足利市 都市建設部 都市計画課  
TEL 0284-20-2167(内線30～3150)

栃木県誕生150年 みんなで創る、未来のまち

栃木県ABCプロジェクト  
http://www.abc-project.tochigi.jp/

## 乗車実績

項目	人数
乗車定員	840人
延べ乗車人数(乗車率)	736人(87.6%)
予約乗車	437人(91.0%)※1
当日現地乗車	299人(83.1%)※2

※1 算出式:(予約乗車人数実績/最大予約乗車人数)×100

※2 算出式:(当日現地乗車人数実績/最大当日現地乗車人数)×100

## 実験結果の検証概要

区分	対象者	調査方法	回答者数
アンケート調査	実験参加者	自動運転バスの乗車時にQRコードを配布し、WEBアンケートへの回答を依頼	198人 (延べ人数)
ヒアリング調査	歩車共存空間における沿道店舗	沿道店舗へのアンケート調査を行い、回答いただいた店舗にヒアリングを実施	-
手動介入発生状況調査	-	手動介入発生状況を、乗務員で記録	-



## 2. 実験概要 (1) 運行ルートの設定

- JR足利駅及び東武足利市駅を起点に、観光施設・商業施設を周遊するルート(約4.7km)を運行
- 運行ルートでは手動走行区間を設けず、全区間で自動走行が行えるように調律を実施



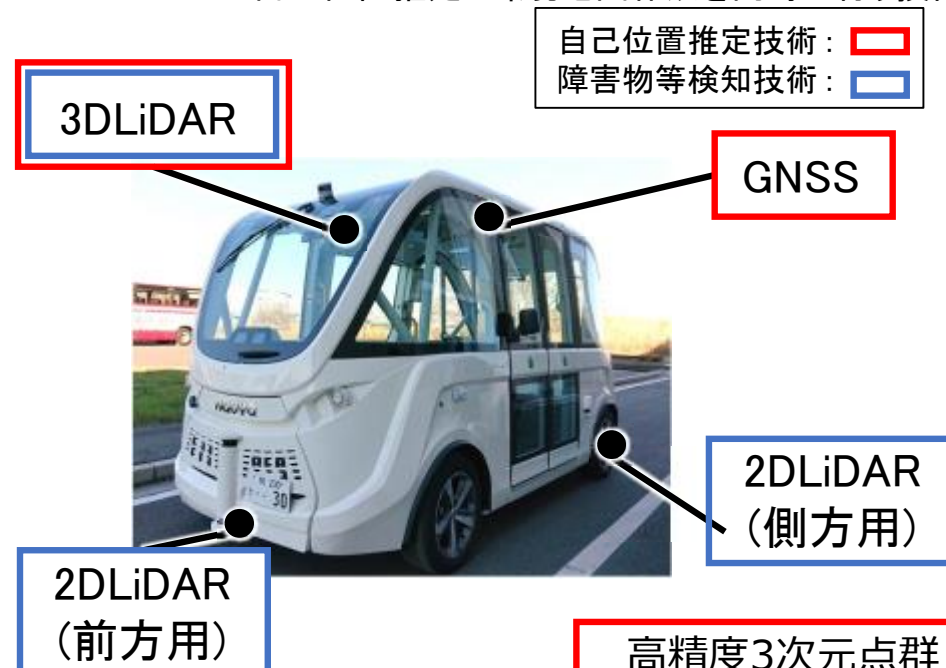
## 2. 実験概要 (2) 今回の自動運転技術

4

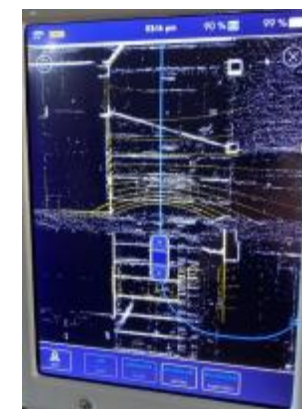
- 実験車両には、LiDAR(2D・3D)、GNSS、SLAM※<sup>1</sup>等を搭載し、ドライバーが同乗
- 自動運転時には、高精度3次元点群とLiDAR(2D・3D)、GNSS、SLAM等の機能を使用し、自動運転レベル2で走行(緊急時には、同乗のドライバーが手動介入)

※1 自己位置推定と環境地図作成を同時に行う技術

項目	車両諸元
車両名	NAVYA ARMA
乗車人数	最大10人 ※実験では、最大9人 (乗客:最大7人、ドライバー:1人、保安員1人)
サイズ等	全長:4760mm 全高:2600mm 全幅:2110mm 重量:2480kg 車両総重量:3085kg
性能	最高速度:25km/h ※実験では、最高速度20km/h未満で走行 平均稼働時間:一充電当たり9時間 搭載機能:LiDAR(3D・2D)、GNSS、SLAM等
自動運転レベル	レベル2
台数	1台



高精度3次元点群



LiDAR情報を用いて作成した点群データ

## 2. 実験概要 (3) 車両制御方法の設定

5

- 原則として自動運転で走行(障害物を検知した場合には、自動でブレーキが作動)
- 緊急時には、必要に応じてドライバーの判断で手動介入

運行シーン		制御方法
基本		<ul style="list-style-type: none"><li>走行ルート上で<u>障害物を検知した場合</u>には、<u>自動でブレーキが作動</u>、手動運転で障害物を回避し、周囲の安全性を確認した後、<u>ドライバーの判断で発進（自動運転再開）</u></li><li>歩行者、一般車両等が接近した場合には、ドライバーの判断で手動介入（停止、回避等）し、周囲の安全性を確認した後、ドライバーの判断で自動運転再開</li></ul>
交差点	信号機あり	<ul style="list-style-type: none"><li>基本的に停止線において、自動で車両が停止</li><li>信号灯色が青の場合、ドライバーが通過可否を判断したうえで、交差点を通過又は停止</li><li>停止した場合は、次の青信号になった後、ドライバーが周囲の安全性を確認し、ドライバーの判断で自動運転再開</li></ul>
	信号機なし	<ul style="list-style-type: none"><li>基本的には停止しないが、「止まれ」などの道路交通法上停止が義務付けられている交差点においては停止する</li><li>停止した場合は、ドライバーが周囲の安全性を確認した後、ドライバーの判断で自動運転再開</li></ul>
その他		<ul style="list-style-type: none"><li>大雨等の<u>悪天候時は、自動運転運行中止</u>(手動での走行のみ実施する可能性あり)</li></ul>



## 2. 実験概要 (4) 安全対策

6

- 一般車両及び歩行者等に対して自動運転車両走行に関する注意喚起看板を設置
- 堤防上の自動運転車両の自己位置推定に誤差が出やすい走行区間では、自己位置推定が目印となる看板を設置
- 自動運転車両の運行周知や、正確な自己位置推定により安全な運行を実現

### 自動運転車両運行の注意喚起看板の設置



看板設置箇所



### 自己位置推定の目印となる看板の設置

堤防上の同じ景色が続く走行区間に看板を設置



## 2. 実験概要 (5) 地域連携 ①自動運転バス展示会

- 実証実験実施前に、太平記館において自動運転バスの展示会を実施  
対象者:2月27日(月) 地元自治会役員等、3月12日(日) 市内で行われたイベントの来訪者等
- 展示会では、実証実験の周知や参加者の募集や自動運転車両技術の説明を実施し、社会的受容性の向上を促進

### 地元自治会向け自動運転バス展示会の様子

- 地元自治会の方々に実証実験で走行する自動運転バスに乗車していただき、駐車場内を手動で試走した
- 走行体験をしていただき、地元の方への実験周知を行った



### イベント時の自動運転バス展示会の様子

- 幅広い年齢の方が来訪し、珍しい車両に子ども達も興味深々の様子だった
- 自動運転バスのハンドルがなくコントローラーで操作する点や様々なセンサーなどに興味を持っていた





## 2. 実験概要 (5) 地域連携 ②記念乗車券の配布

8

- 実験参加者には、アンケート及びYouTube配信のQRコードを記載した記念乗車券を配布
- 実証実験期間中、乗車券を提示すると足利学校、足利市美術館、草雲美術館の入館料が無料になる取組を実施
- 各施設合計で38人が利用し、まちなかのにぎわい創出に効果があったことを確認

### 記念乗車券

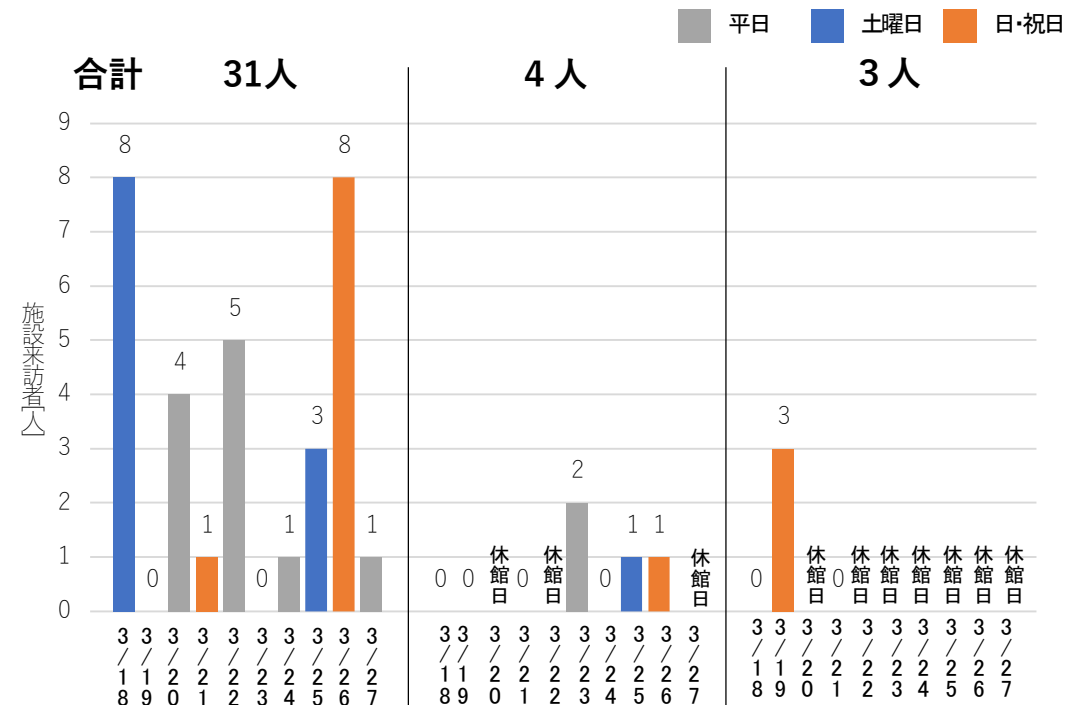
表面



裏面



### 地元観光施設との連携



足利学校



足利市立美術館



草雲美術館

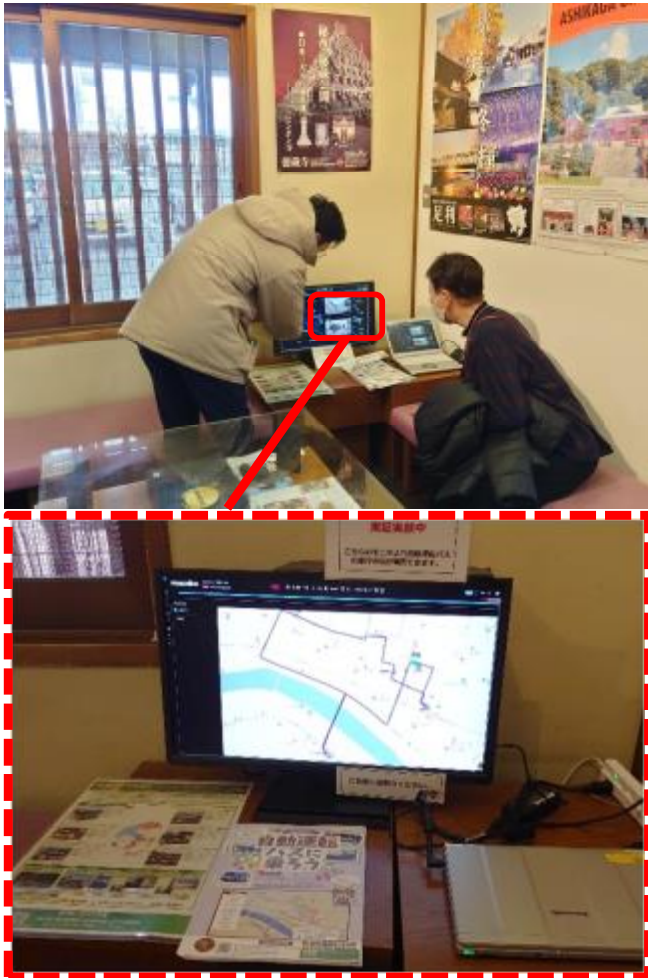


## 2. 実験概要 (6) 利便性向上 ①運行情報提供

9

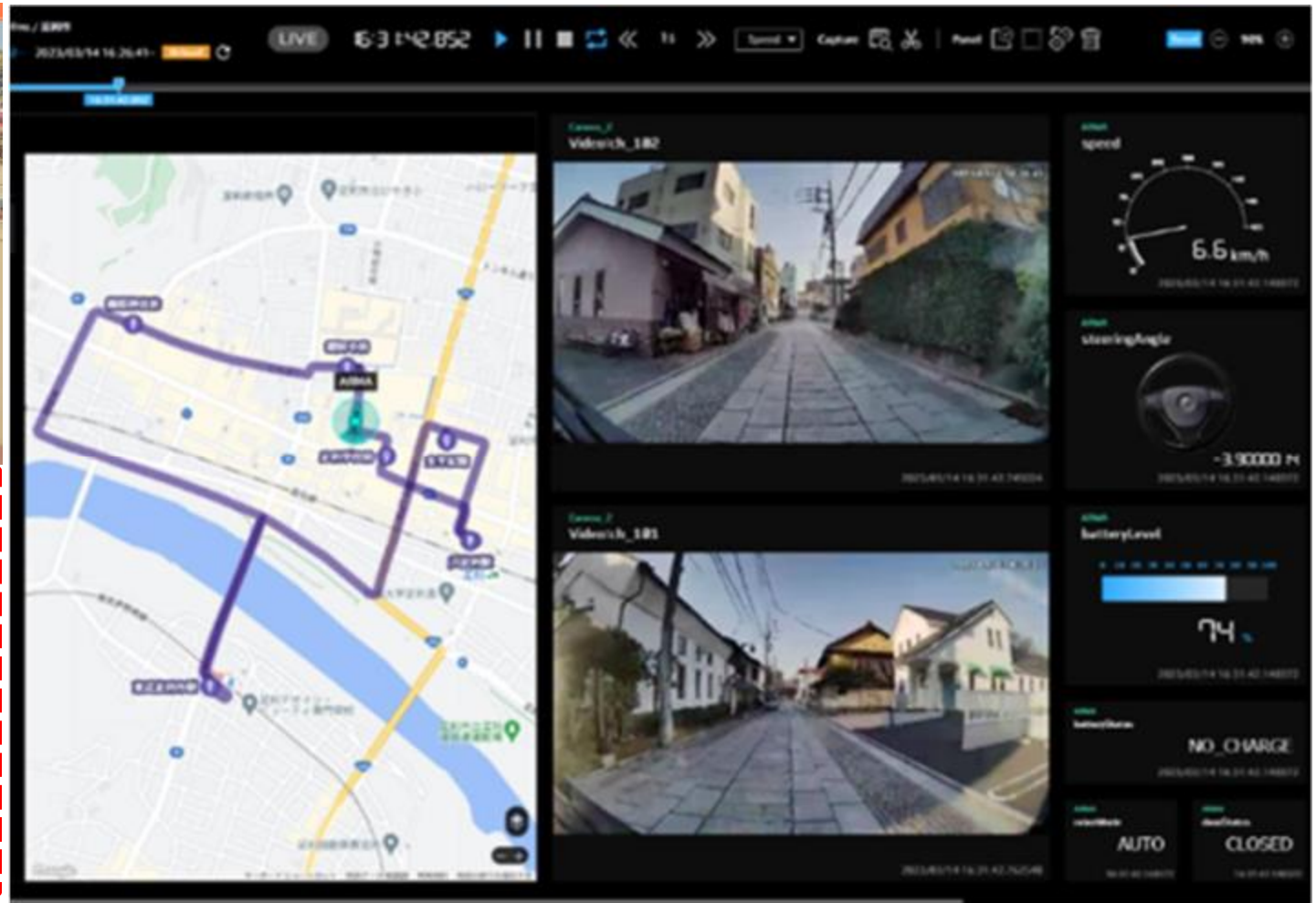
- 将来的な遠隔監視やバスロケーションシステムでの活用を見据え、太平記館に遠隔モニターを設置し、同時にYouTube配信を行い、リアルタイムの運行情報を提供

### 遠隔モニター



太平記館に遠隔モニターを設置

### YouTubeでの配信



運行状況をYouTubeで配信

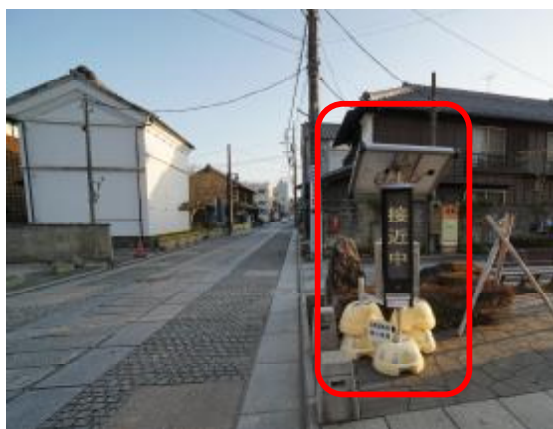


- アンケート調査の結果、歩車共存空間にICT LED電光掲示板を設置し、歩行者に対して注意喚起を行うことについて、安全性向上に役立つかという項目に対して「思う」「やや思う」が86%
- 走行ルートに沿道店舗へのヒアリングにおいて、注意喚起や自動運転バス走行の周知を目的としたICT LED電光掲示板の設置に対し肯定的な意見を確認

### ICT LED電光掲示板の表示



▲大日大門通りの公園

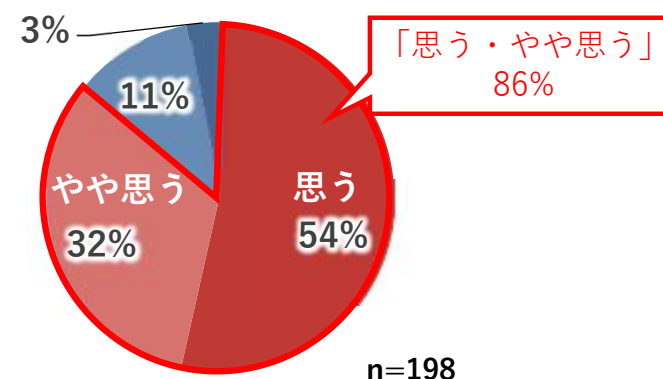


▲足利尊氏公像前



### 実験参加者へのアンケート結果

LED看板の設置は歩車共存空間の安全性向上に役立つか



### 沿道店舗へのヒアリング結果

- LED電光掲示板やチラシなどを配置し、自動運転バスが走行していることを周知することで、地域の自動運転バスに対する受容性が高まる
- LED電光掲示板が歩車共存空間において存在感があり、多くの人が見ていた
- バス停があった場合、バスロケーションシステムとして利用出来れば便利である

### 3. 実験結果の検証 (1) 検証項目

■「実験参加者の受容性」、「地域住民の受容性」、「手動介入の発生状況」の観点から実験結果を検証

検証項目	調査対象	調査方法			調査内容
		アンケート	ヒアリング	その他	
実験参加者の受容性	実験参加者	●	—	—	<ul style="list-style-type: none"><li>・実験参加者の属性、交通手段等</li><li>・自動運転バスに対する印象</li><li>・自動運転バス本格導入時の利用意向/支払い意思額</li><li>・無人の自動運転バス導入に対する印象</li></ul>
地域住民の受容性	歩車共存空間における沿道店舗	●	●	—	<ul style="list-style-type: none"><li>・自動運転バスに対する印象</li><li>・自動運転バスの走行の安心感等</li><li>・賑わい創出効果への期待について</li></ul>
手動介入の発生状況	—	—	—	● 保安員による記録	<ul style="list-style-type: none"><li>・自動運転時において手動介入が発生する道路、交通、自動運転技術等の条件</li></ul>

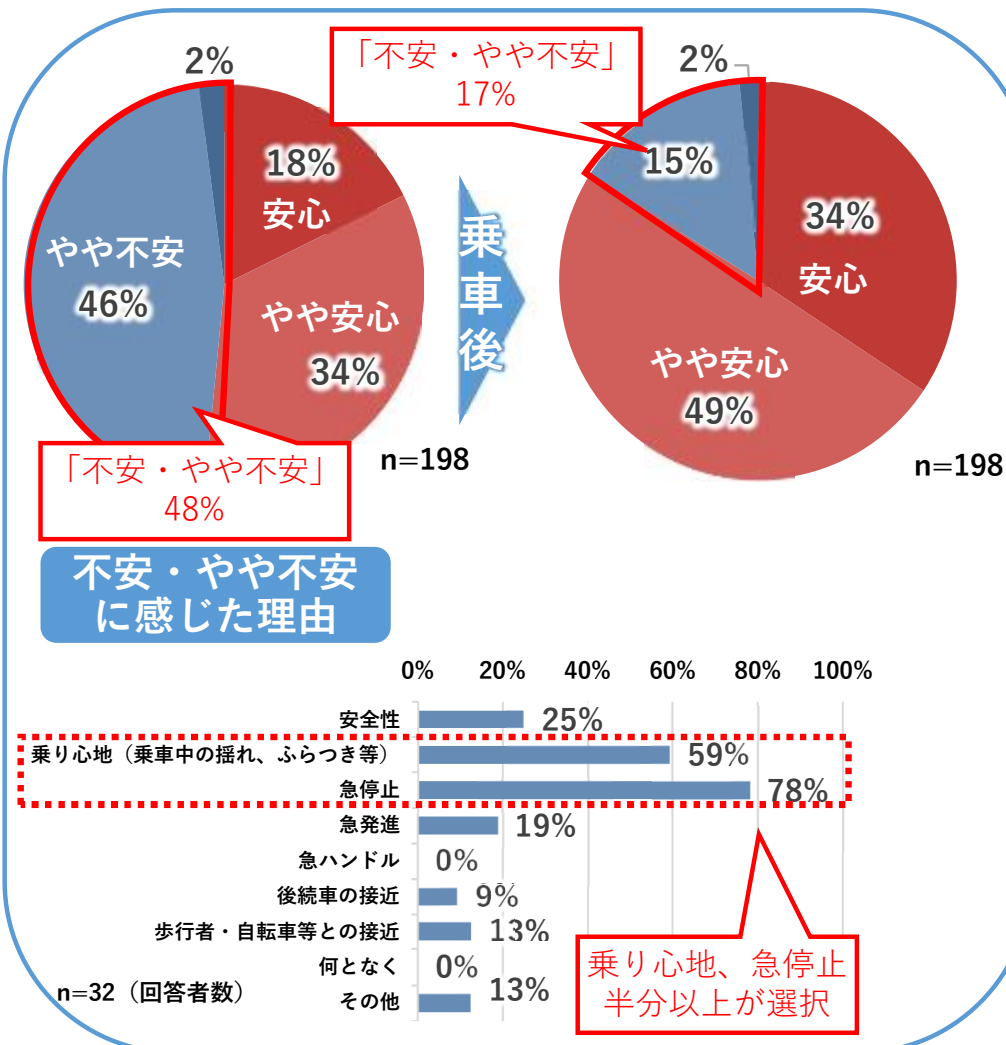


### 3. 実験結果の検証 (2) 社会受容性 ①自動運転バスに対する安心感

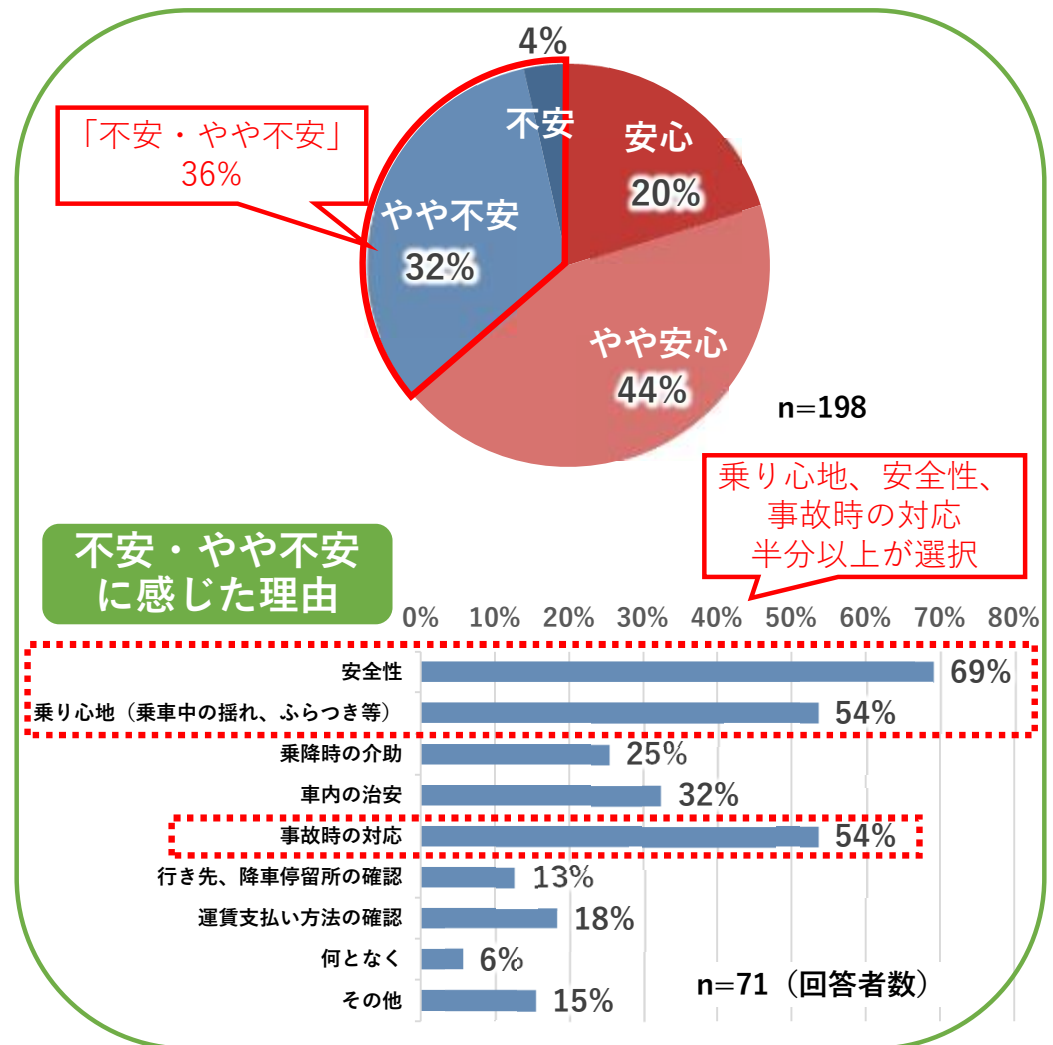
12

- 実際に乗車することで、自動運転バスに対する「不安」「やや不安」が48%から17%に減少。「不安」「やや不安」に感じた理由に、乗り心地・急停止が多く、車両制御技術の向上や走行環境整備が必要
- 自動運転バスの無人運行については、36%が「不安」「やや不安」と回答した。理由は、安全性・乗り心地・事故時の対応が多く、遠隔監視や緊急通報システム導入等の対応策の検討が必要

#### 自動運転バスに対する安心感



#### 自動運転バスの無人運行に対する安心感



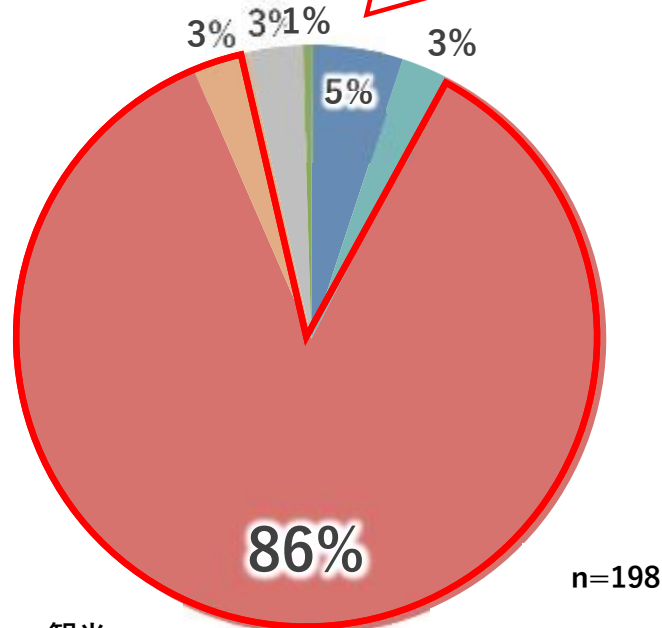
### 3. 実験結果の検証 (2) 社会受容性 ②自動運転バスの利用目的

13

- 実験における乗車目的は、「試乗体験」が89%、「観光」「日常利用」「駅間の乗り継ぎ」が合計で11%
- 市内観光施設への来訪も見られ、観光施設への移動手段としての利用を確認
- 今後自動運転バスが導入された場合の乗車目的として、観光が143件(38%)である一方で、買物が104件(28%)、通院が59件(16%)等、日常利用のニーズも確認

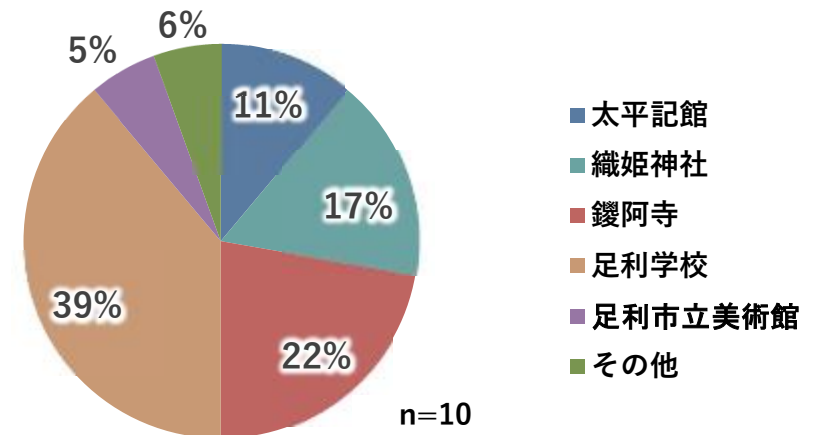
#### 実験における乗車目的

「試乗・関係者試乗」で89%、「観光」「日常利用」「駅間の乗り継ぎ」の合計で11%



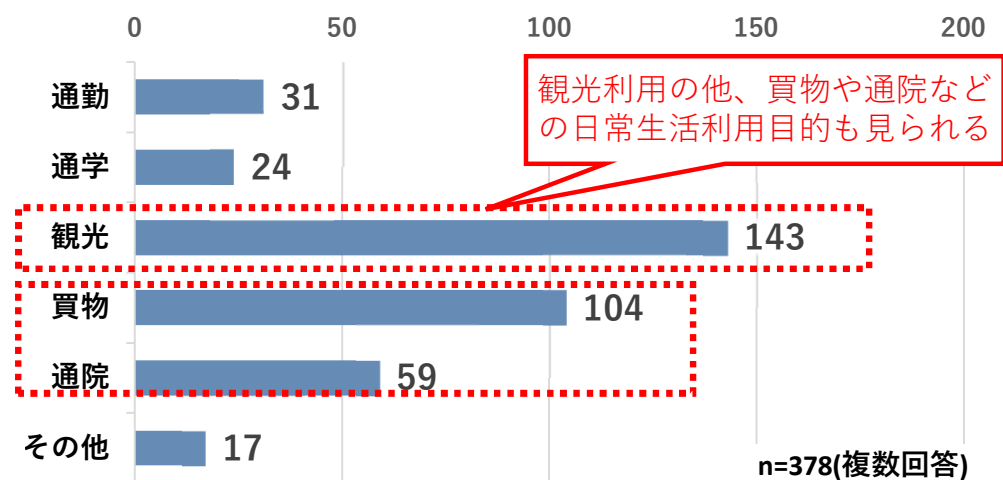
- 観光
- 日常利用 (買物・通勤など)
- 試乗体験
- 関係者試乗
- 足利駅・足利市駅間の乗り継ぎ
- その他

#### 観光施設への来訪内訳



- 太平記館
- 織姫神社
- 鑾阿寺
- 足利学校
- 足利市立美術館
- その他

#### 今後自動運転バスが導入された場合の乗車目的



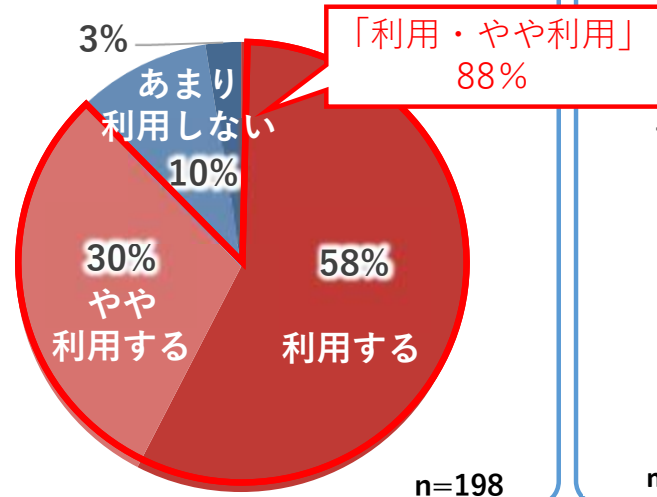
観光利用の他、買物や通院などの日常生活利用目的も見られる



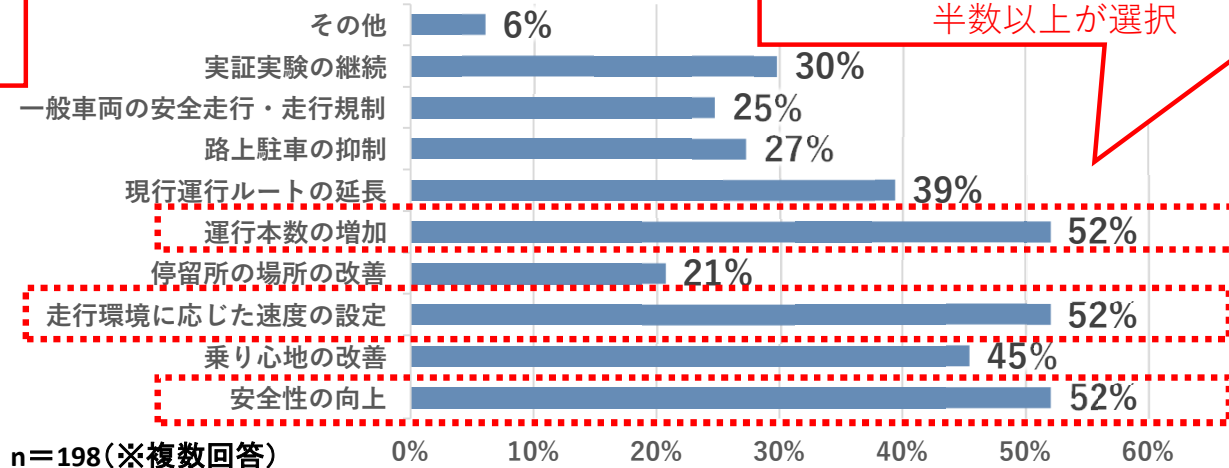
### 3. 実験結果の検証 (2) 社会受容性 ③自動運転バスの今後の利用意向<sup>14</sup>

- JR足利駅・東武足利市駅周辺の観光施設等を結ぶ移動手段として、自動運転バスを導入した場合、回答者の88%が「利用する」「やや利用する」と回答
- 導入には、運行本数の増加、走行環境に応じた速度の設定、安全性向上が課題
- 乗客に受容される価格帯は150円～240円程度で既存バスの乗車料金(210円)と同等
- 想定される運賃収入は限定的であるため自動運転バス運行に係るコストを賄う手段の確保が課題

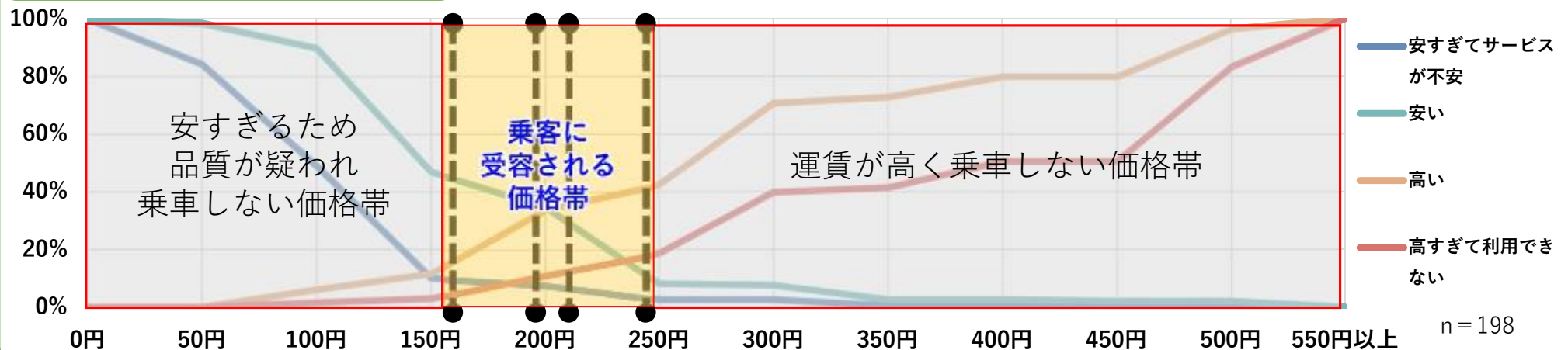
#### 自動運転バスの利用意向



#### 導入に必要な取組



#### 支払意思額



- 自動運転バスに設置したディスプレイで、足利市プロモーション映像を表示し、足利学校・鏝阿寺・織姫神社等の観光施設のPRを実施
- 観光施設のPRの他、将来的に地域の企業や商業施設の広告を表示し広告収入を得る等、事業化に向けた収益確保の手段として活用が可能

車内ディスプレイ



- 車内ディスプレイは55V型
- バックライトを必要としない自発光型の有機ELパネルを用いた透過型であるため、映像の後ろには外の景色が確認できる
- 目的に応じた動画等の再生が可能

ディスプレイに表示した映像



出典：足利市プロモーション映像「まちを学ぶ、歴史を学ぶ、人を学ぶ」  
(<https://youtu.be/R839N1WXik0>)

### 3. 実験結果の検証 (2) 社会受容性 ⑦車両の受容性

16

- 自動運転バスの必要性に関する意見(36件)のうち33件が好意的な意見で、市民の移動や観光周遊の移動手段としての導入を望む声が多数
- 自動運転バスの改善点として、車両の動きに関する内容が多数

出典：実験参加者アンケートの回答（一部表現を改めています） ※自由記述回答

#### 好意的な意見

#### 安全性 安心感

- 細い路地（歩車共存空間）の走行に驚いた
- 安全第一の運行に安心感があった
- 思っていたより発進停止もなめらかだった

#### 車内の 快適性

- 速度が遅く周りの景色を楽しむことができた
- 足利・日光等の観光地の走行にいいと思う
- 走行速度の遅さについては気にならなかった

#### 自動 運転 技術

- 細い路地の走行等、想像以上であった
- 急ブレーキもあったが、思ってたよりも衝撃はなく、許容できる範囲ではないかと思いました

#### 必要性

- 実装されている地域があると知り期待している
- 街なか散策の有効な移動手段になる
- 観光用だけでなく、市民のインフラ整備にもつなげていただきたい
- 自動運転バスそのものが観光資源となり得るため取組を進めてもらいたい

#### その他

- 実験ルートを早く実現してほしい
- 鏝阿寺や足利学校周辺の景観とマッチしていた
- 実験のような派手なラッピングを採用し、センサー等のロゴも表示できると良い

#### 改善点に関する意見

- 発進停止時の衝撃が高齢者や子供では不安
- 車両自体が小さく堅牢にも見えない。事故があったとき大怪我しそうで不安

- 些細なことで急停止しており快適とは言い難い
- 窓の位置が高く、小さい子は景色が見れず残念
- 扉の開閉部が広く、降雨時は雨が車内に入る

- 雨の時の運転が安定しなかった
- 発進・停車・ブレーキがスムーズではなかった

- 市内循環バスや観光地を巡る普通のバスで良い
- 追越し等一部の動きで手動の介入が必要であり、人員不足の解消を達成できていない。

- バスの運行状況をネットに反映してほしい
- バリアフリーに配慮して車両であればより良い
- 緊急車両に道を譲るモードがあるといい



- 幅員が狭い歩車共存空間におけるすれ違い時の事故を防止するために、一方通行等の通行規制や速度制限が必要であるといった意見が多数
- 自動運転バスの導入により市内の周遊が多くなることによる地域の活性化への期待が高い

項 目	主な意見
歩車共存空間での自動運転運行について	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 完全無人での自動運転は心配だが、人の運転と同様に対応できるのであれば問題ない。</li><li>・ 歩車共存空間は細い道であり、速度が速い車両も通る。今回の実験ではすれ違い時にどちらかが譲る場面があったため、無人自動運転の場合は対応が難しいのではないか。</li><li>・ 一般車がすれ違う時ですら、歩車共存空間では判断に悩む部分があるので、無人自動運転時に問題が発生しないか不安である。走行させるなら通行規制等の対応も必要になってくると思う。</li><li>・ 車両が急停車していたのを見て不安だと感じた。</li></ul>
地域活性化への期待	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 「何あのバス！乗ってみたい！」と思うようなバスは、注目してもらい情報発信もされるため、<b>集客を促しやすくなるのではないか。</b></li><li>・ 実験期間中は観光客の方からも自動運転に関する質問(予約方法)について受けた。</li><li>・ 自動車で来た方より、鉄道で来た方の行動範囲が狭い。織姫神社ですら行くか悩むかともいる。<b>自動運転の導入により、市内の周遊が多くなれば望ましい。</b></li></ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 広報はもっと多くの人が見られるように工夫が必要である。また、沿道の周辺店舗に事前に説明などがあると観光客等に対して説明も出来るため、地域として自動運転に対する受容性が高まると感じる。</li><li>・ 安全面も重要であるが、自動運転の導入は進められるようにしてほしい。そこのバランスが重要である。</li><li>・ 病院から駅までなどコミュニティバスの代替としてのインフラになればいい。</li><li>・ 自動運転バスが運行したら全員が無料にならないまでも、高齢者の方を無料にするなどの対応をするといいのでは。</li></ul>

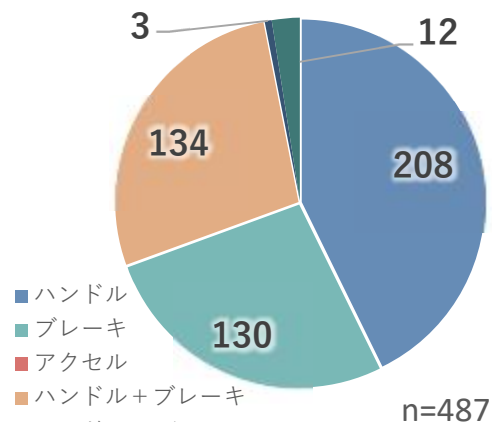
# 3. 実験結果の検証 (3) 走行安全性 ①手動介入の発生状況

18

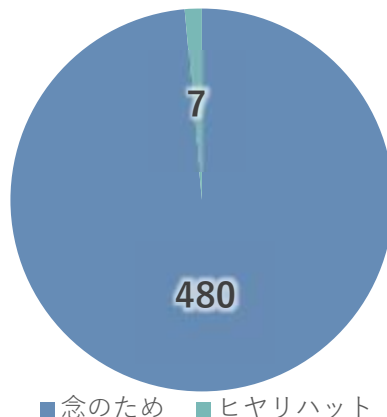
- 実験期間中(120便・走行距離282.0km)487件(1kmあたり1.73回)の手動介入が発生(うちヒヤリハット7件)
- 手動介入の種類は、ハンドル操作:208件(約43%)、ブレーキ操作:130件(約27%)、ハンドル+ブレーキ:134件(約28%)
- 手動介入の最も多い要因は、一般車の路上駐停車車両の検知・回避が93件(約20%)
- システムに起因する手動介入も多数発生し、GPS感度の低下が84件(17%)、SLAM※<sup>1</sup>の認識不良が83件(17%)

※1 自己位置推定と環境地図作成を同時に行う技術

手動介入の種類



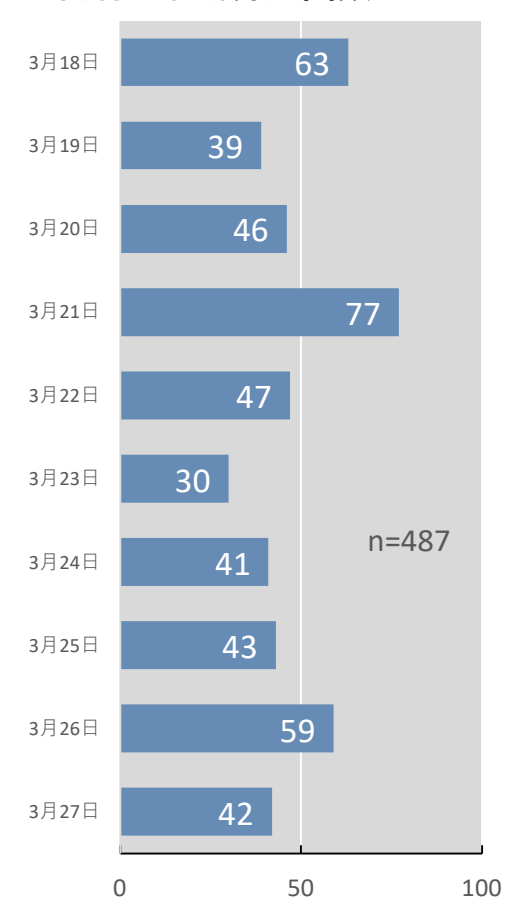
- ハンドル
- ブレーキ
- アクセル
- ハンドル+ブレーキ
- ハンドル+ブレーキ+アクセル
- 不明



手動介入の要因



日別の手動介入回数



手動介入回数 (回)

### 3. 実験結果の検証 (3) 走行安全性 ①手動介入の発生状況

19

- JR足利駅～東武足利市駅までのルートにおいて、A区間～K区間を定義
- 東武足利市駅～JR足利駅までのルートにおいて、a区間～r区間を定義
- 手動介入の原因を下記の項目で整理

#### JR足利駅～東武足利市駅までのルート



#### 東武足利市駅～JR足利駅までのルート



#### 手動介入の原因一覧

既存交通	既存バス・タクシーの出発待ち
	既存バス・タクシーの追越し
一般車	路上駐停車車両の検知・回避
	施設出入り車両の検知・回避
	対向車の接近による検知・回避
	後続車による追い越し
	後続車への道譲り
	交差点等での道譲り
	先行車に対する制動不十分
	隣車線の車両接近
自動二輪車 自転車	自動二輪による追い抜き
	自動二輪の追い抜き以外の検知・回避
	自転車の横断
	自転車の接近
	自転車への接近
歩行者	歩行者の横断
	バス待ち人の検知
	横断歩道における歩行者待ち
	バスの接近に気づかない歩行者の検知
	滞留する歩行者の検知（沿道店舗来訪客の検知を含む）
障害物	街路樹等の検知・回避
	障害物の検知・回避
	動物の検知・回避
	歩車共存空間の障害物検知（遠藤店舗の看板やのぼり等の設置物含む）
その他	システムエラー
	GPS感度低下
	SLAM等の認識不良による走行ルートの逸脱
	信号通過の判断の違いに伴う危険回避
	交差点右左折時の危険回避
	バス停の停止不十分・停止位置のずれ
	赤信先頭停車
	その他



### 3. 実験結果の検証 (3) 走行安全性 ①手動介入の発生状況

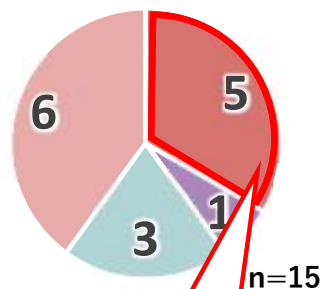
20

- 駅前のロータリーにおいて、路上駐車車両の検知・回避による手動介入がA区間(JR足利駅)では5件、K区間(東武足利駅)では18件、a区間(東武足利駅)では2件となった
- 東武足利駅、JR足利駅のロータリーでは、路上駐車が多数見受けられたため、走行ルートへの明示等、一般車両の駐停車を防止する対策の検討が課題

#### 手動介入の状況（駅前ロータリー）



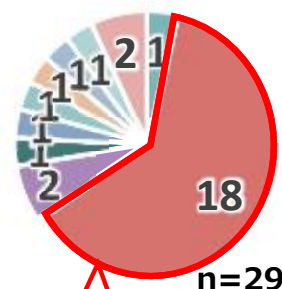
A区間  
(JR足利駅)



路上駐車車両が  
原因 (約33%)



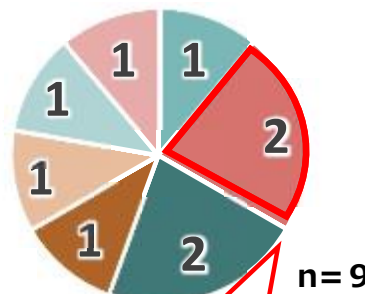
K区間  
(東武足利駅)



路上駐車車両が  
原因 (約62%)



a区間  
(東武足利駅)



路上駐車車両が  
原因 (約22%)

#### 対象区間の周辺環境



A区間



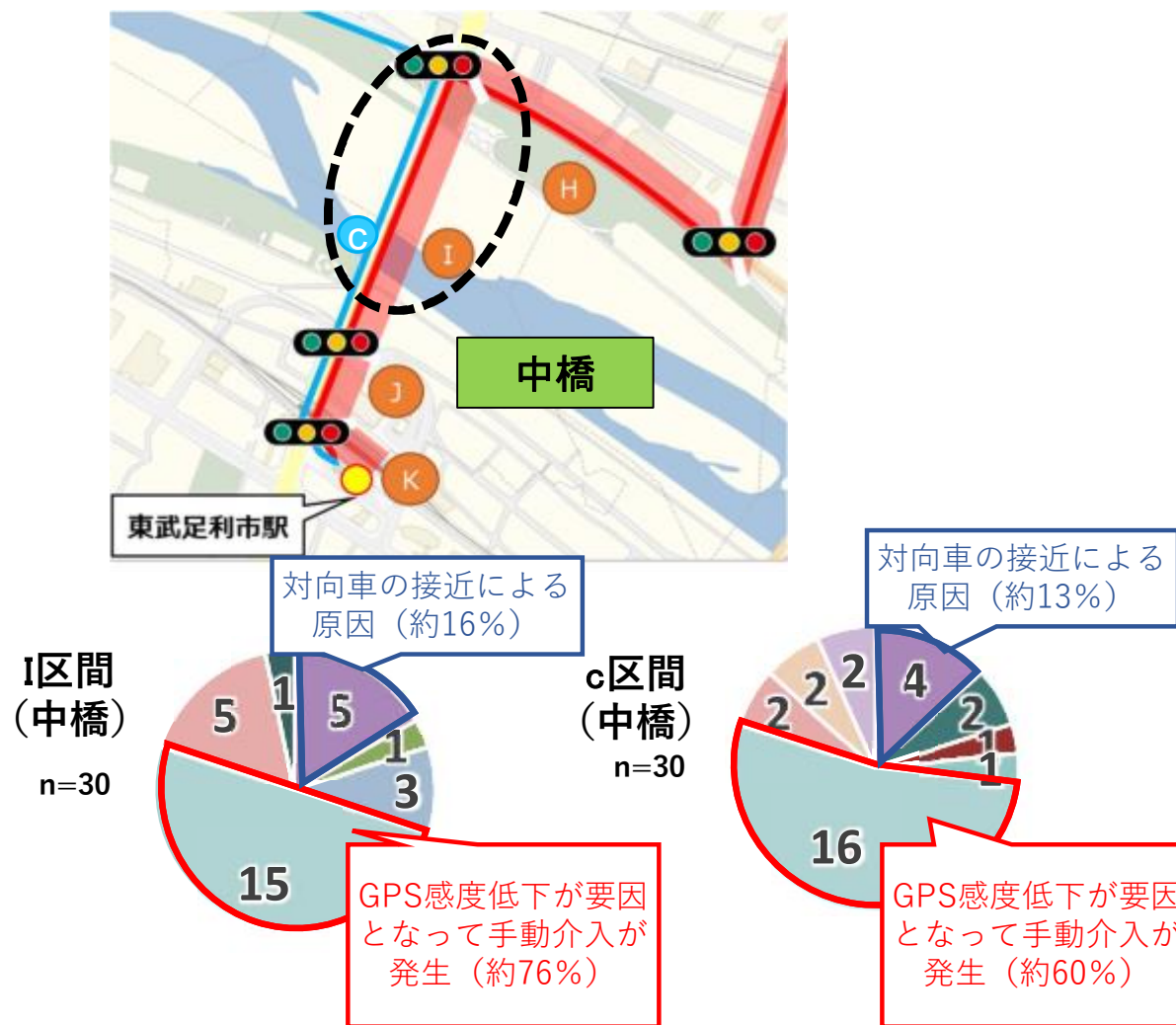
K・a区間

### 3. 実験結果の検証 (3) 走行安全性 ①手動介入の発生状況

21

- c・I区間(中橋)では、橋梁の鉄骨による電波の遮蔽が発生し、GPS感度が低下し、自己位置推定が不可能となった影響による手動介入が合計31件と半数以上を占める
- 中橋は幅員が狭いため、対向車の接近による検知・回避が合計9件発生
- 将来的には自動走行を補助するインフラ整備等の検討が課題

手動介入の状況 (中橋)



対象区間の周辺環境



### 3. 実験結果の検証 (3) 走行安全性 ①手動介入の発生状況

22

- H・d区間(堤防上の道路)では、道路周辺に目印となる対象物が少なく自動運転車両が自己位置を正確に推定することが難しいため、目印となる看板を設置
- その結果、対象物の認識不良による手動介入※<sup>1</sup>は、d区間では3件(約14%),H区間では6件(約42%)
- 対象物が少なく自己位置を正確に推定することが困難な走行区間については、目印となる看板の設置や、LiDAR高反射塗料等の自動走行を補完する技術の導入が課題

※1「SLAM等の認識不良」

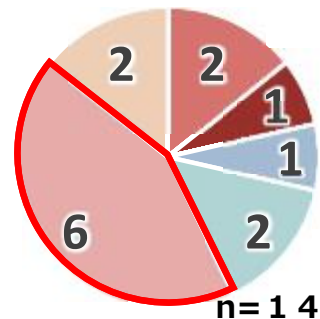
#### 手動介入の状況 (堤防上の道路)



H区間(永楽町交差点～中橋前交差点)

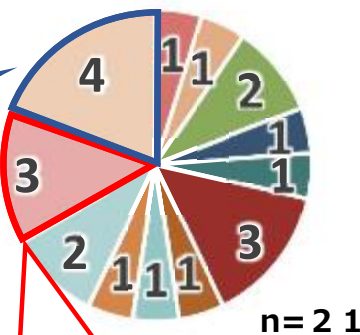


d区間(中橋前交差点～渡良瀬橋北交差点)



SLAM等の認識不良※<sup>2</sup>  
(約42%)

信号通過の判断の違いに伴う危険回避  
(約19%)



SLAM等の認識不良※<sup>2</sup>  
(約14%)

#### 対象区間の周辺環境



※2自己位置推定と環境地図作成を同時に行う技術



### 3. 実験結果の検証 (3) 走行安全性 ①手動介入の発生状況

23

- 右折区域があるG区間では、交差点での道譲りが9件、信号・交差点による原因が4件
- 丁字路・右折区域があるe区間では交差点での道譲りが9件、信号・交差点による原因が2件
- 織姫神社前の交差点付近のg区間では、先行車に対する制動が3件、信号・交差点による原因5件
- 一般車の動きが不規則になる複雑な交差点、規模が大きい交差点が含まれる区間での自動走行が課題

#### 手動介入の状況（交差点）

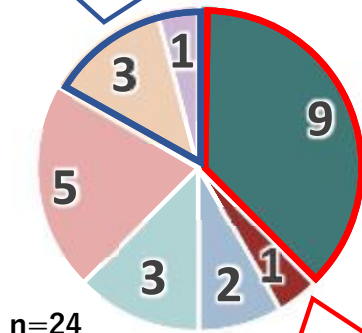


G区間（通1丁目  
～永楽町交差点）

e区間  
（渡良瀬橋～織姫橋）

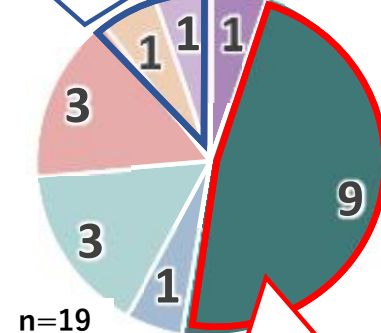
g区間  
（織姫神社前）

信号・交差点による  
原因（約16%）



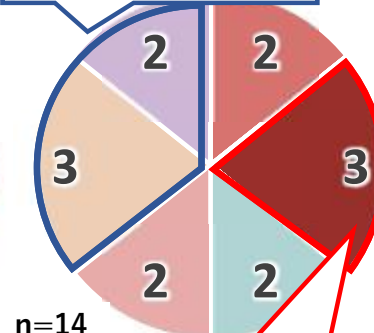
交差点での道譲り  
（約37%）

信号・交差点による  
原因（約10%）



交差点での道譲り  
（約47%）

信号・交差点による  
原因（約35%）



先行車に対する制動  
（約21%）

#### 対象区間の周辺環境



### 3. 実験結果の検証 (3) 走行安全性 ①手動介入の発生状況

24

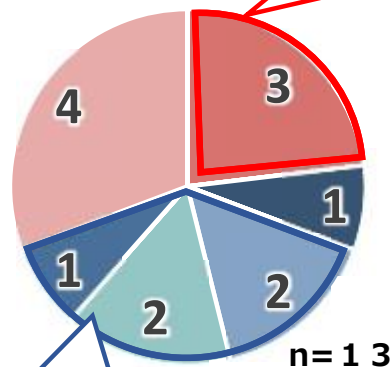
- 歩道がない生活道路を走るC・D区間(太平記館付近)では、路上駐車・自転車・歩行者検知による手動介入がC区間で7件、D区間で10件発生
- C区間では車道の中心寄りを走行する自転車の検知による手動介入が4件と、全区間を通して最多
- 歩道がない生活道路における、歩行者・自転車との共存も課題

手動介入の状況 (歩道がない道路)



C区間  
(太平記館付近)

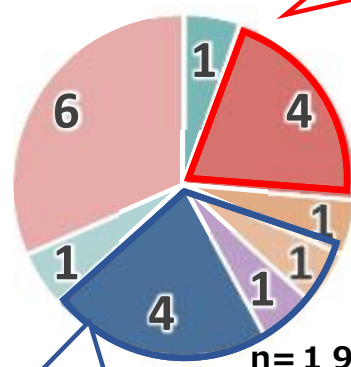
路上駐車を検知  
回避 (約23%)



自転車・歩行者による原因 (約38%)

D区間  
(太平記館付近)

路上駐車を検知  
回避 (約21%)



歩行者による原因 (約31%)

対象区間の周辺環境



C区間(太平記館付近)



D区間(太平記館付近)



### 3. 実験結果の検証 (3) 走行安全性 ①手動介入の発生状況

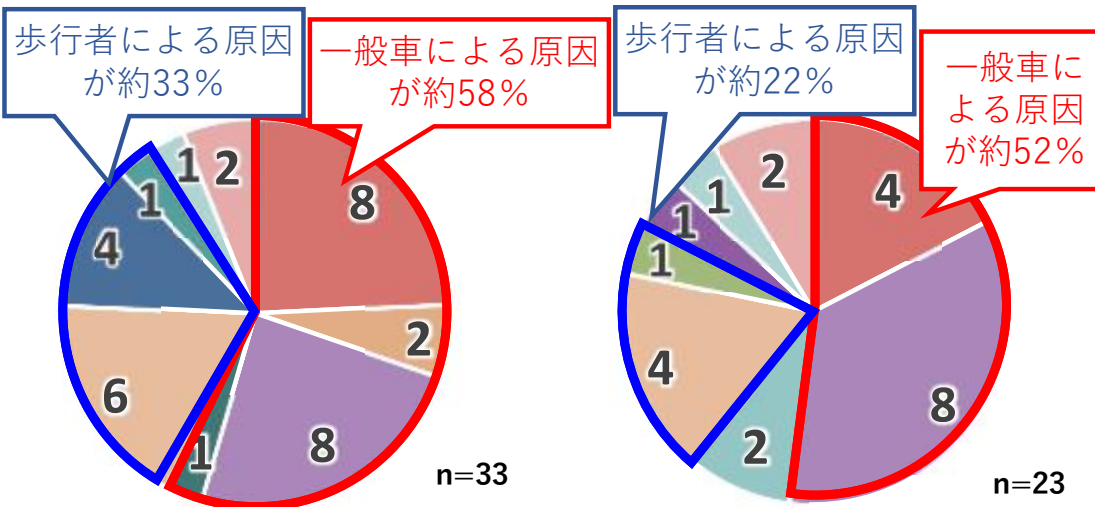
25

- 歩車共存空間であるI区間、m区間はともに、歩行者を要因とする手動介入よりも一般車を要因とする手動介入が多く、「対向車の接近による検知・回避」が最多であり、次点として路上駐停車車両の検知・回避、歩行者の横断による手動介入が多い
- 自動運転車両のスムーズな運行のため、一方通行や速度制限等の交通規制の導入が有効

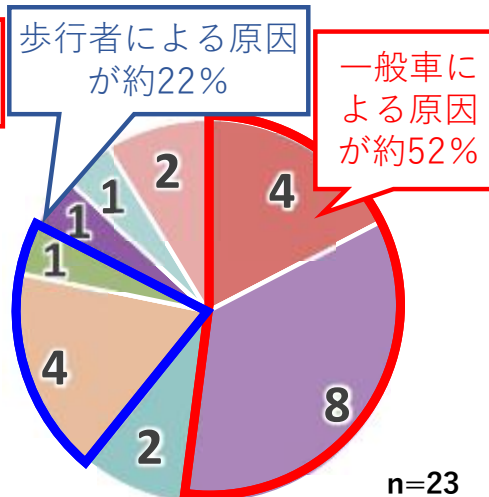
#### 手動介入の状況（歩車共存空間）



#### I 区間（歩車共存空間）



#### m 区間（歩車共存空間）



#### 対象区間の周辺環境





### 3. 実験結果の検証 (3) 走行安全性 ②今回の問題点と今後の対応策 26

- 歩車共存空間において、ICT LED電光掲示板を活用して自動運転車両の接近を知らせ、注意喚起を行うことは効果的
- 路上駐車車両の回避や交差点内の走行においては、インフラ側との連携や地域住民の自動運転に対する理解・協力を得ることが重要
- GPSが入りにくい橋梁の走行等、GPS感度低下等のシステムエラーが散見されるため、自動運転システムの向上や、LiDAR高反射塗料等の自己位置推定に資する技術活用を検討が必要

項 目	今回の問題点	今後の対応策（例）
車両制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>急ブレーキの際や停車する際の前後の揺れに対する不安</u></li> <li>・ <u>走行環境に適さない速度での走行</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 人が不快感を覚えない、<u>スムーズなブレーキ操作等の車両制御や早期危険検知</u></li> <li>■ <u>走行環境・目的に応じた走行速度を設定</u></li> </ul>
走行環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>路上駐車車両の回避</u>に伴う手動介入が発生</li> <li>・ 永楽町交差点～渡良瀬橋北交差点までの区間において、<u>対象物が少なく自己位置を正確に推定することが困難であった</u></li> <li>・ 中橋ではGPS感度低下・SLAM等の認識不良により自己位置推定の精度が低下</li> <li>・ <u>交差点において、対向車の接近・道ゆずり</u>のための手動介入が発生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ <u>自動で路上駐車を回避する自動運転技術の開発</u></li> <li>■ 走行ルート沿道の受容性醸成</li> <li>◆ <u>自動運転システム精度の向上</u></li> <li>● <u>目印となる看板等インフラの整備</u></li> <li>● <u>LiDAR高反射塗料、磁器マーカー等の技術開発の取組</u></li> <li>◆ <u>GPS感度技術等の向上</u></li> <li>● 対向車両等を検出する<u>路車協調システムを活用</u>し、交差点のスムーズな走行を支援</li> </ul>

【凡例】 ●：ハード整備が必要な対策 ◆：自動運転技術による対策 ■：その他の対策

### 3. 実験結果の検証 (4) ビジネスモデル可能性 - 足利市での実装

27

- 実験参加者の自動運転バスに対する関心の高さや導入に対する期待を確認
- 今回の実験ルートにおいて、利用者に受容される価格帯は150～240円であり、運賃だけで運行に係る支出をまかなうのは困難であるため、運賃以外の収入確保の検討が課題

調査項目		結果の考察
自動運転バス利用者アンケート	利用意向	<ul style="list-style-type: none"><li>東武足利市駅・JR足利駅の移動手段として<u>自動運転バスを導入した場合、「利用する」「やや利用する」と回答した方は88%であるため、2駅間を結ぶルートは需要が見込まれる。</u></li><li>自動運転バス利用者に<u>受容される価格帯は150～240円程度</u>であり、既存バスの料金（210円）と同様の価格帯を望んでおり、<u>限られたコストの中で自動運転バス導入に係る支出をまかなうことが必要。</u></li><li>自由記述回答では、<u>自動運転バスの必要性に関する好意的な意見が多く見られた。</u></li><li>自動運転に対する好意的な意見も見られた一方で、<u>自動運転技術、安心感・安全性、車内の快適性に関する改善を望む意見も多く</u>実装までに取組むべき課題が明らかになった</li></ul>
	移動ニーズ	<ul style="list-style-type: none"><li>アンケートでは、観光（38%）、買物（28%）、通院（16%）の順で、移動ニーズがあり、<u>目的別（観光・日常利用）に応じた自動運転車両の選定</u>が必要</li><li>バスの運行頻度、ルートに関する改善を望む声もあり、実装にあたっては、<u>適切な運行ルート・運行頻度の検討</u>が必要。</li></ul>

# 4. 今後の社会実装に向けて 課題まとめ

28

- 運行管理のコスト削減のためには遠隔監視の運用を含めた運行体制の検討が必要であり、持続可能性を確保するためには運賃収入以外の収益確保の検討が必要
- 利用者の利便性向上のためには、ルートの特充や運行頻度を上げることが望まれる

項目	目的	内容	今後の課題
車両調達	自動運転のサービスレベル向上	自動運転車両（自動運転レベル4）の複数台調達	・ <u>今回の実験は、自動運転レベル2（対応主体はドライバー）として運行したが、将来的な遠隔監視やバスロケーションシステムの活用を見据え、太平記館だけでなく、JR・東武各駅にも遠隔モニターを設置</u>
運行管理	安全な運行のため乗客の様子や車両の状態を監視	遠隔監視（1人：N台）による運行体制の構築	・ 遠隔監視による運行体制の構築に向けては、先進事例（境町、前橋市、永平寺町等）を参考にし、技術開発や法制度整備の進捗状況に応じて、更なる検討が必要
	運行における持続性の確保	地元事業者による運行体制の構築	・ 今回の実験は、車両提供者による運行を実施 ・ 実装に向けて、 <u>地域の事業者による自主運行や市による委託運行に向けたノウハウの蓄積</u> が必要 ・ バス事業者だけでなく、遠隔監視や点検等を行う事業者を含めた選定が必要
利便性向上	利用者の利便性向上	移動ニーズに沿った運行	・ <u>駅間を結ぶルートだけでなく、観光地間や市役所、病院を通るルートの検討等、移動ニーズに沿ったルート選定や運行頻度の設定、ルートに適した車両の選定が必要</u>
インフラ整備	自動運転走行の安全性向上	車両側の認識・回避技術向上 道路、信号機等のインフラ側の整備や協調	・ 今回の実験ではインフラ協調は未実施 ・ GPS感度が低下する中橋や、対象物が少なく自己位置を正確に推定することが困難な走行区間については、LiDAR高反射塗料等の <u>自動走行を補完する技術導入の検討が必要</u> ・ 交差点においては、路車協調システムを活用する等スムーズな走行の支援が必要
収入源確保	運賃以外の収入確保	沿道店舗等との連携	・ 支払意思額は200円であり、想定される運賃収入は限定的であるため <u>自動運転バス運行に係るコストを賄う手段の確保が必要</u>
	事業者負担の軽減	各種補助制度の活用	・ 自動運転バスの実装に向けた <u>車両購入やインフラ整備費用等に対する補助制度の活用</u> が必要



# 5. 市街地での自動運転バスの実装に向けた検討

- 実証実験の結果を踏まえ、市街地での自動運転バスの実装に向けた対応策を検討
- 自動車や歩行者の交通量が多い市街地での自動運転バスの実装については、走行環境の整備だけでなく、交通規制や、ダイヤ等の運用の検討が必要

## 実験結果

- 観光目的の利用が一定数いたものの、実験参加者の約80%が足利市民で日常利用がニーズが高い
- ◆ グリーンスローモビリティ(低速車両)を使用しているため、幹線道路での渋滞が発生
- ◆ 中橋、歩車共存空間、ロータリーでの手動介入が多い
- 自動運転バス支払い意思額が既存バスの料金と同程度である

## 課題

- 日常利用を想定した運行頻度の確保
- ◆ 交通量が多い区間・時間帯を考慮した車両の選定
- ◆ 自動運転の走行に適した走行環境の整備
- 想定される運賃収入は限定的であるため自動運転バス運行に係るコストを賄う手段の確保

【凡例】 ●:利用者 ◆:車両タイプ ■:持続可能性

## 対応策

- ✓ 日常利用におけるニーズの高い訪問施設や時間帯の把握による、ルート、運行ダイヤの設定
- ✓ 走行環境と目的に応じた車両選定
- ✓ 自動運転システムを補助するインフラの整備や交通規制(一方通行、速度規制)の実施
- ✓ 観光施設や沿道店舗と連携し、広告収入等の新たな収入源を確保

今後も栃木県ABCプロジェクトにおいて実証実験地域間の比較検証を進め、自動運転バス移動サービスの実装に向け検討を進める。

# 参考資料

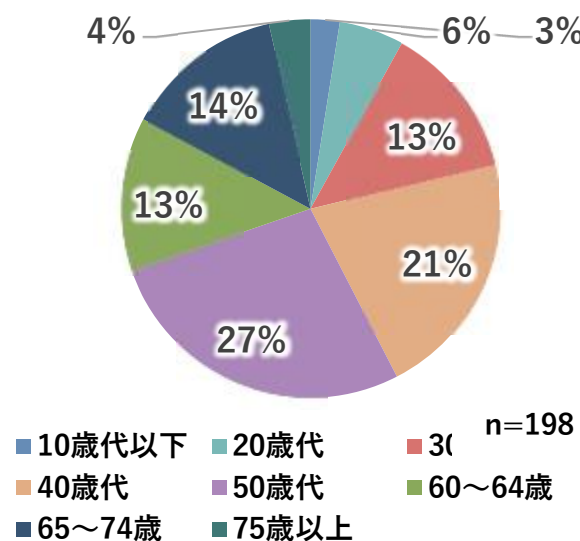
調査対象	実施期間	調査方法	回答者数
実験参加者	R5年3月18日（土） ～ 3月27日（月）	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 自動運転バスの乗車後に回答を依頼</li><li>・ QRコードを用いたwebアンケートにより、実験参加者自身のスマートフォン等により回答</li><li>・ スマートフォン等を利用できない場合は、紙の調査票により回答</li></ul>	198名



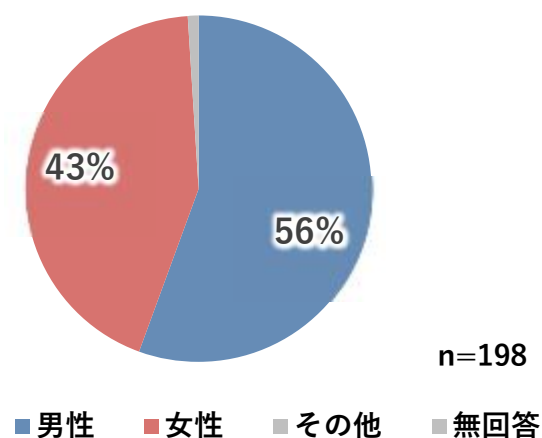
# 参考1. アンケート調査 (1) 実験参加者 ② 属性

32

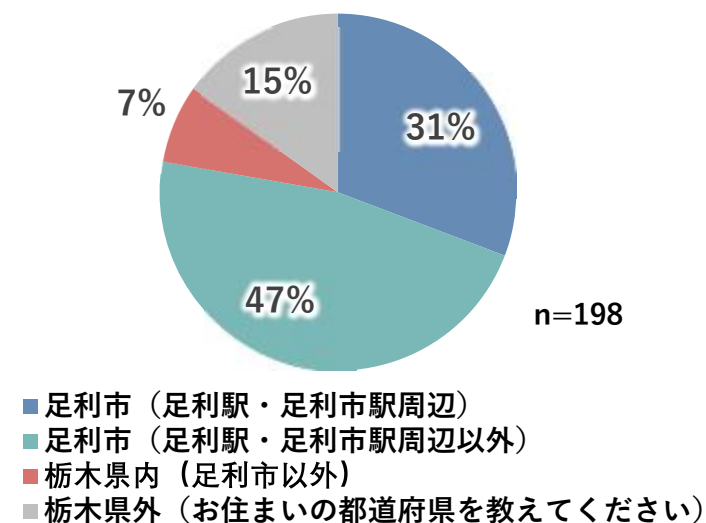
【年齢】



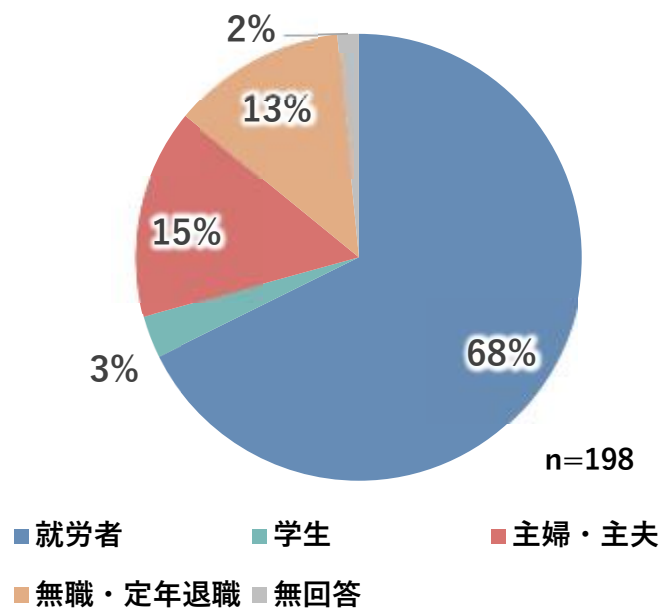
【性別】



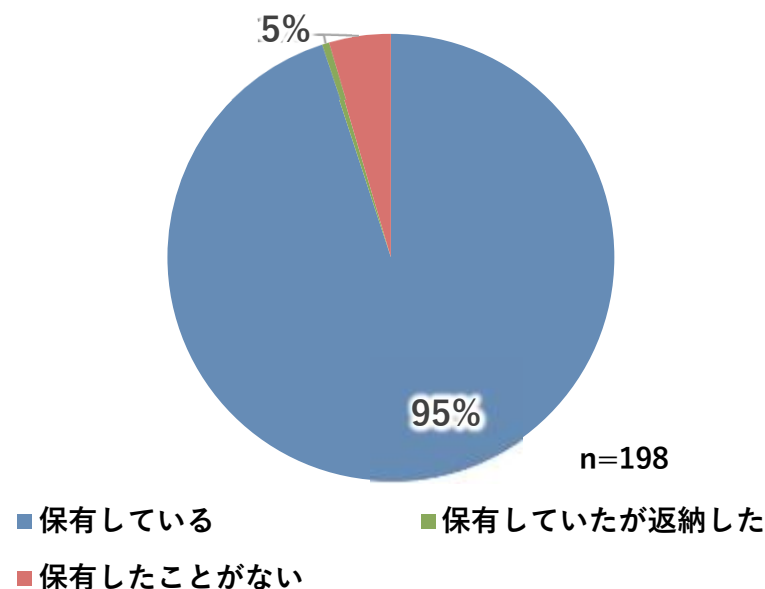
【居住地】



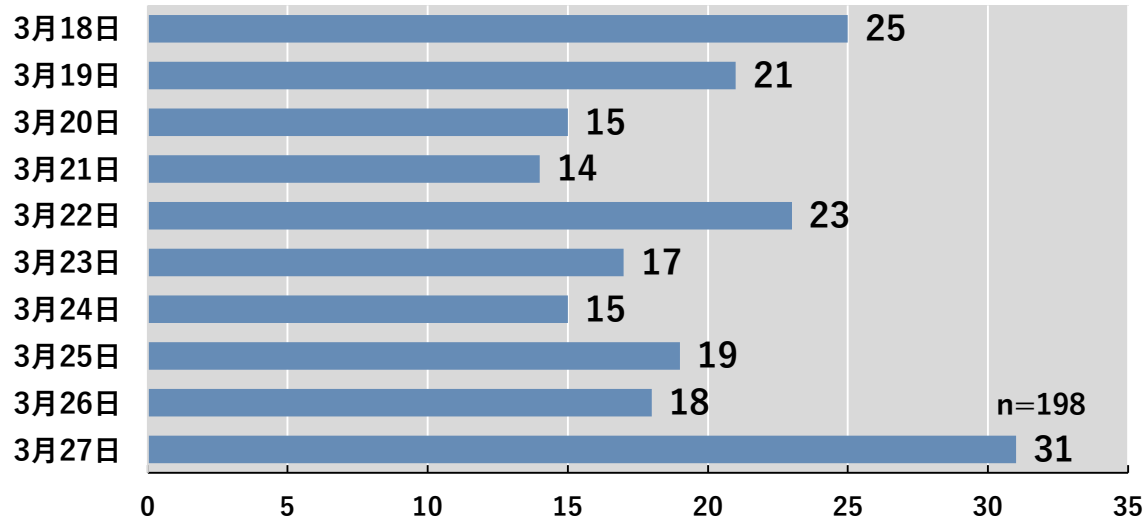
【就労区分】



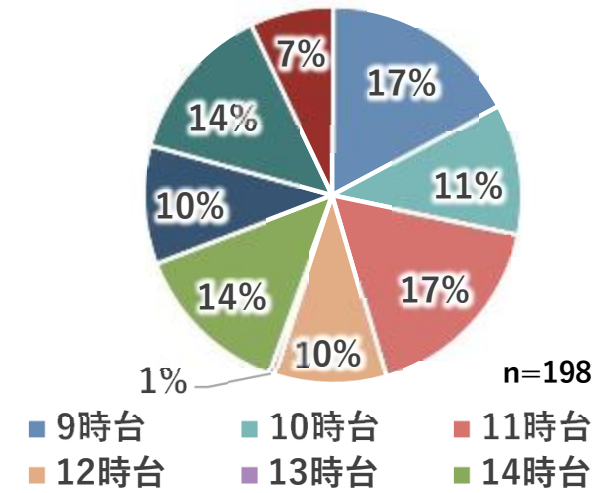
【運転免許証保有】



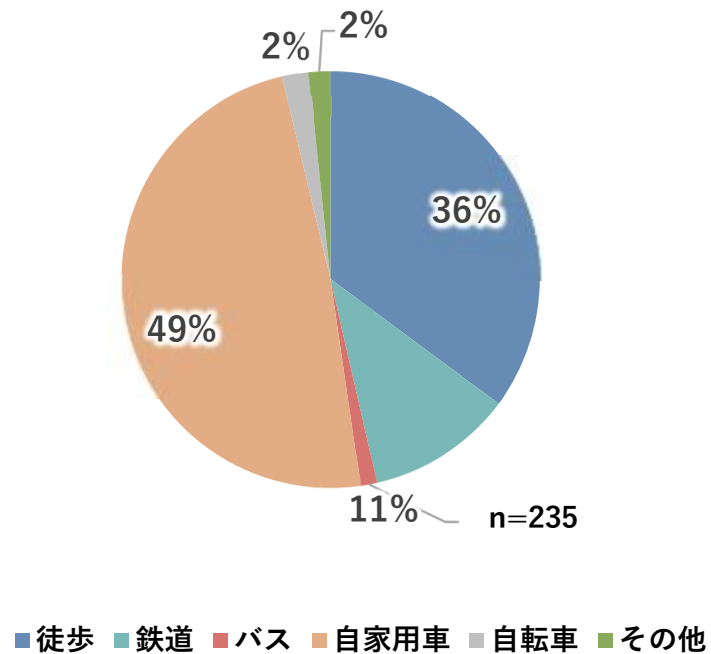
【乗車日付】



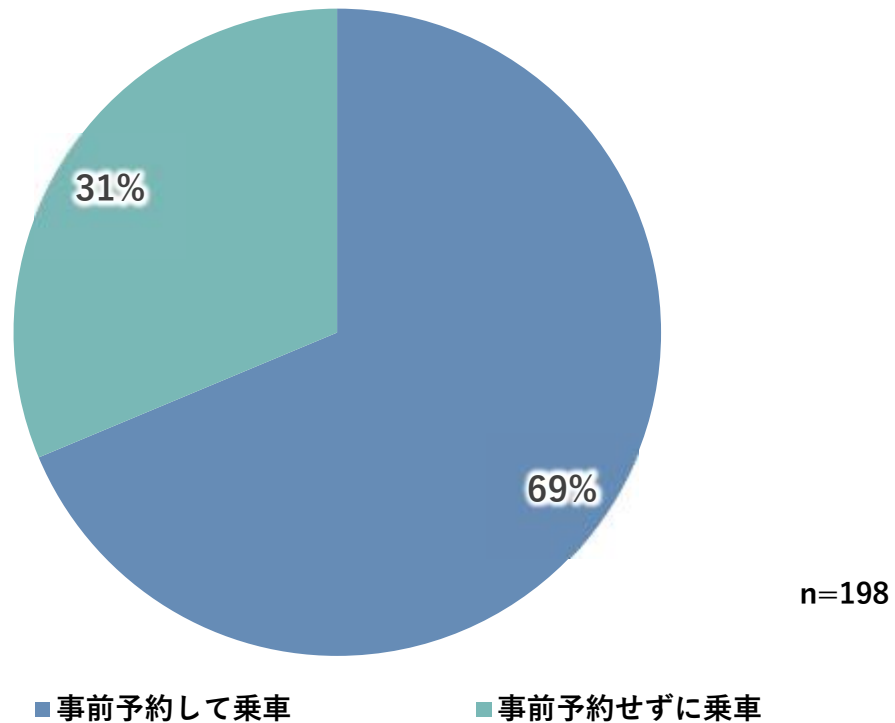
【乗車時間帯】



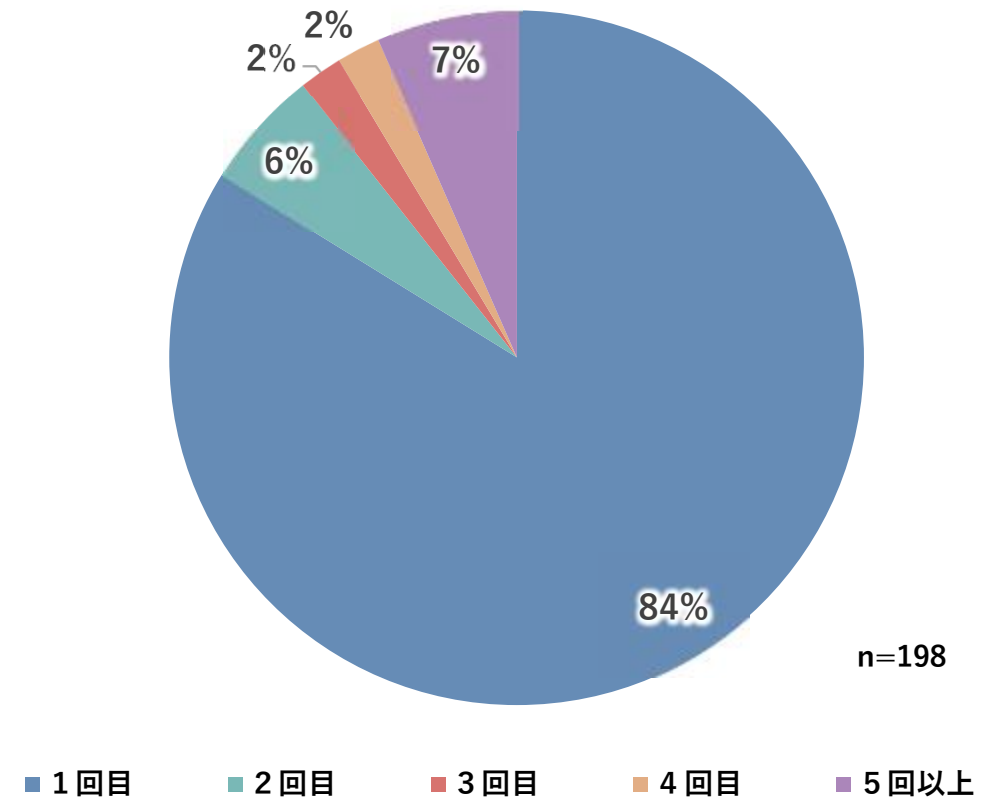
【乗車にあたってのアクセス手段・複数回答可】



【事前予約の有無】

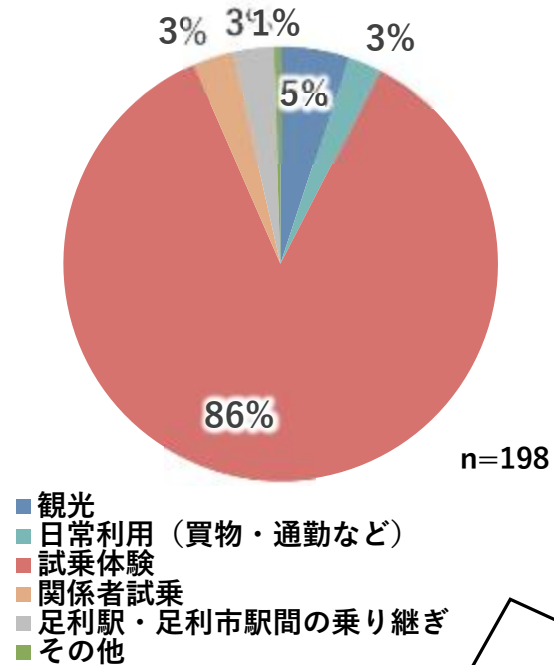


【乗車回数】

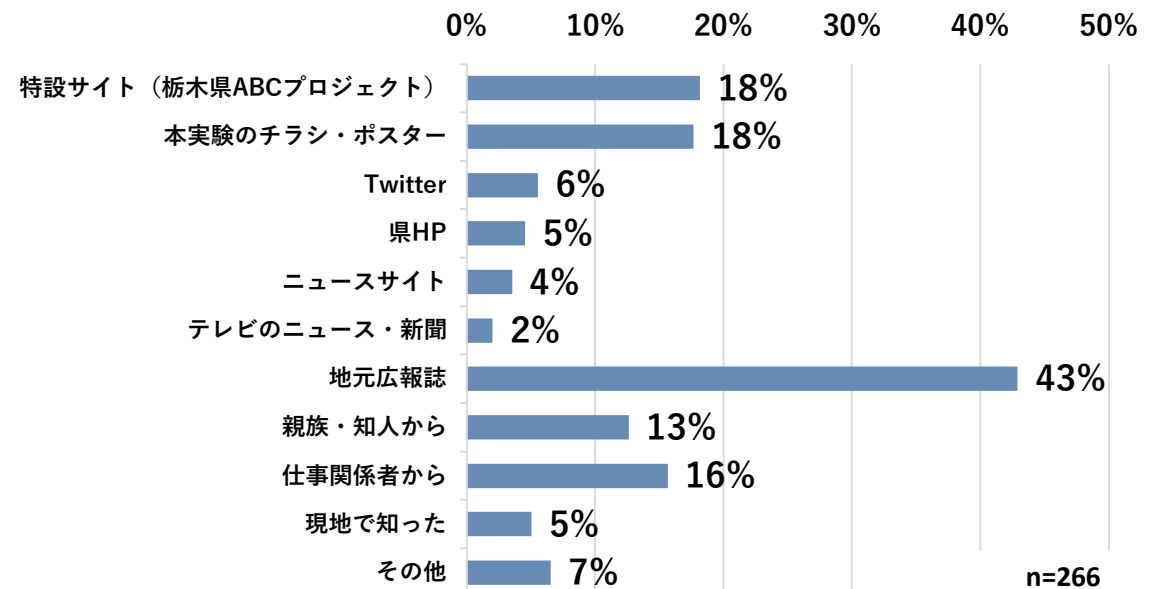




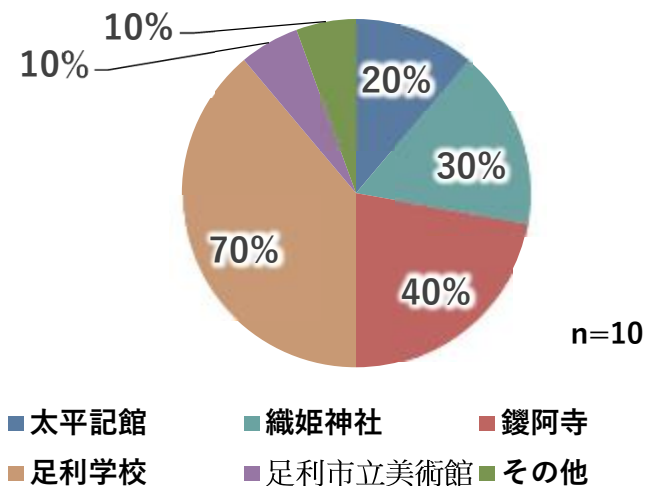
【主な乗車目的】



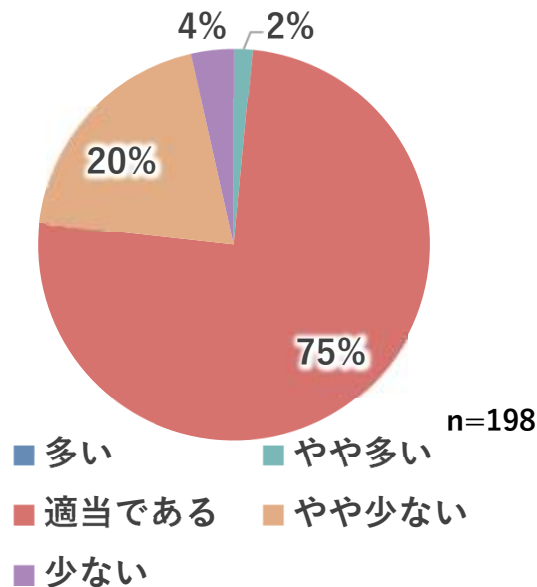
【実験を知ったきっかけ・複数回答可】



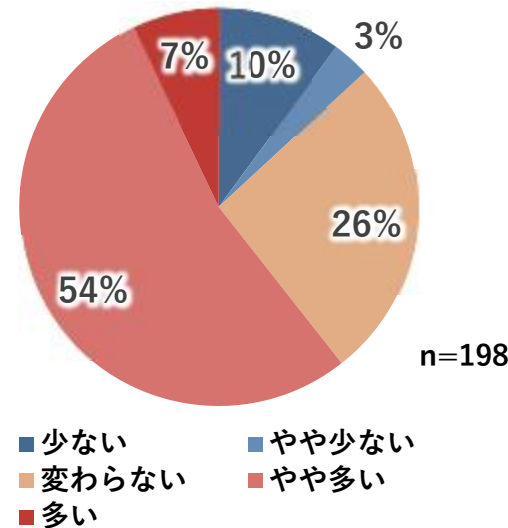
【「観光」の乗車後の訪問先・複数回答可】



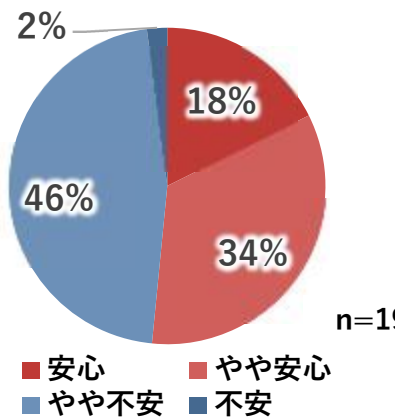
【バス停の数についての印象】



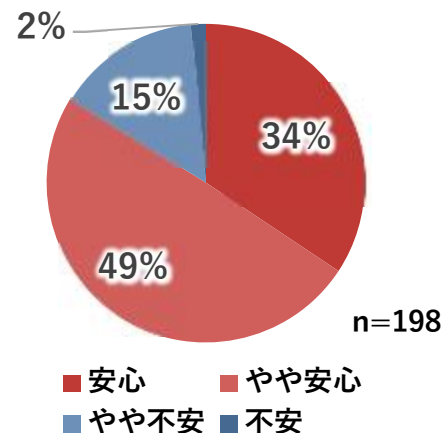
【一般的な路線バスと比べた急ブレーキや急ハンドルの回数】



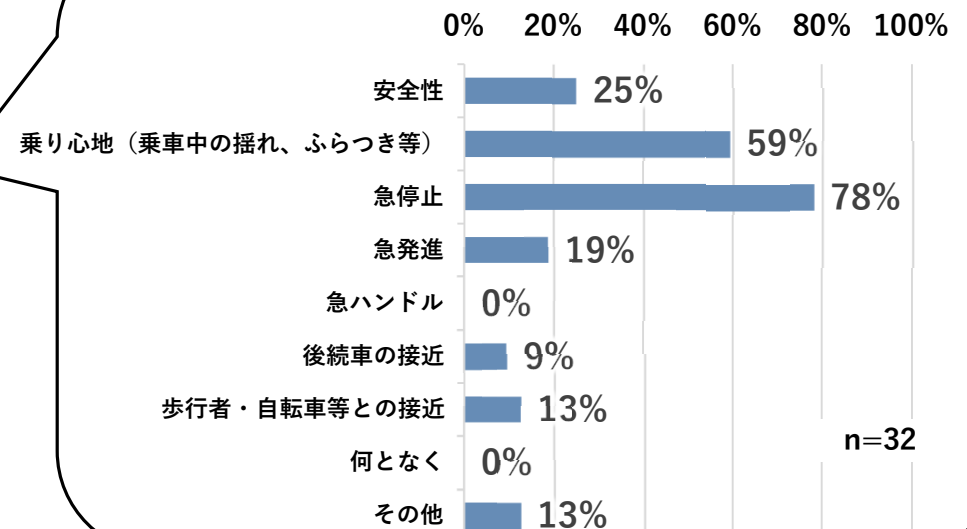
【自動運転バスへの印象（乗車前）】



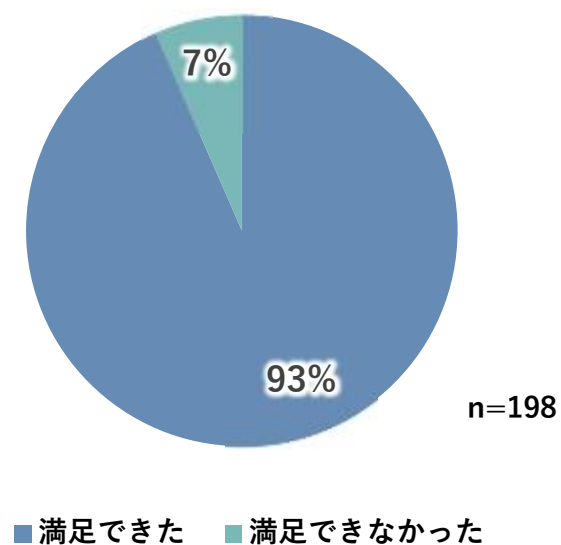
【自動運転バスへの印象（乗車後）】



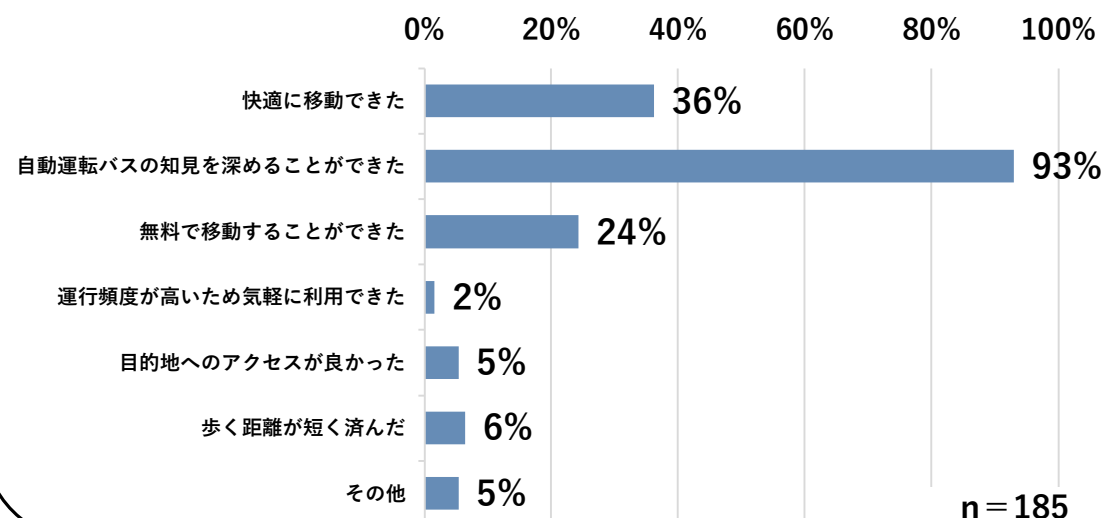
【「やや不安」「不安」と感じた点】



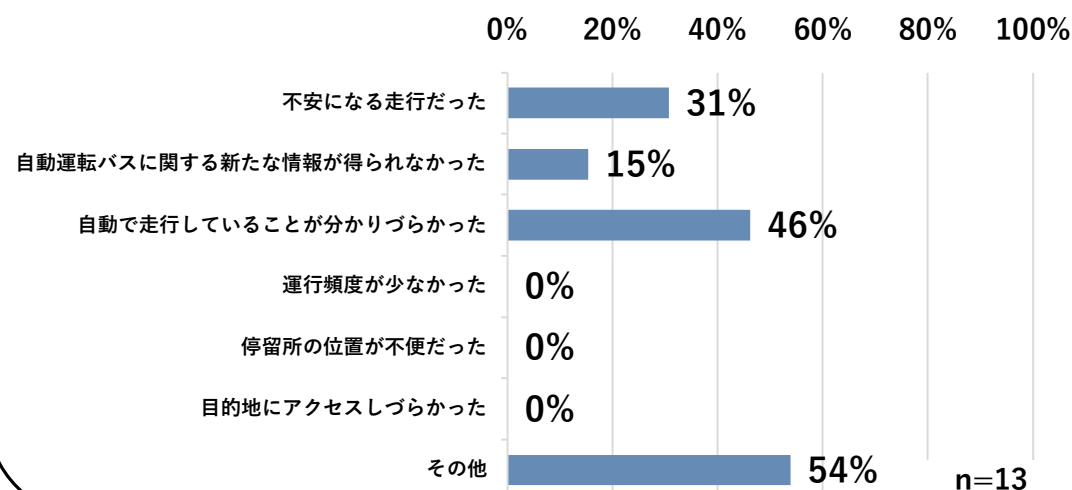
【乗車体験の満足度】



【満足できた理由】

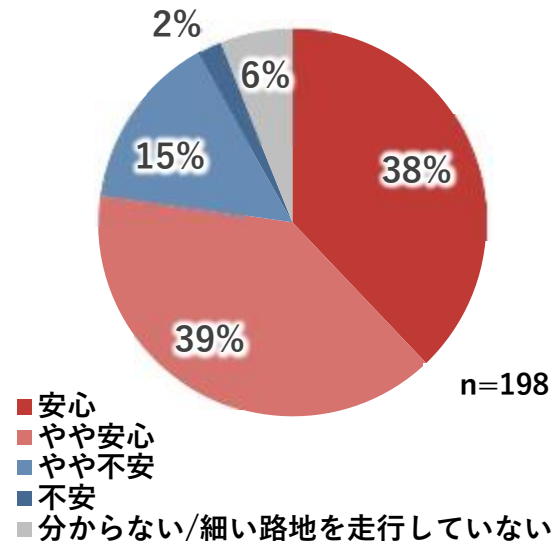


【満足できなかった理由】

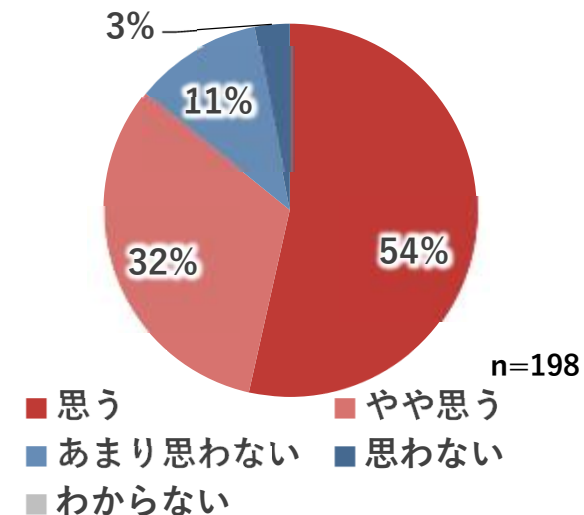




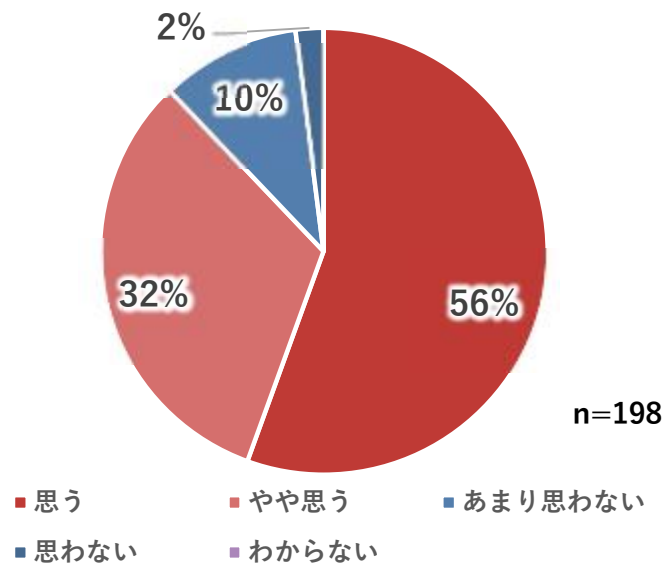
【足利学校周辺など細い路地での走行に対する印象】



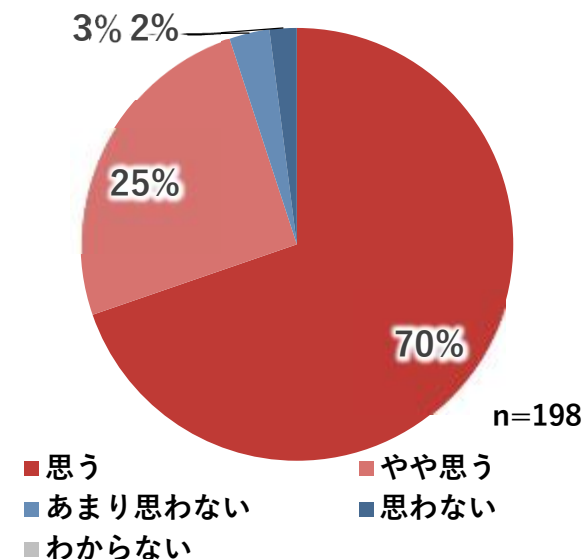
【LED掲示板の設置は細い路地での安全性向上に役立つか】



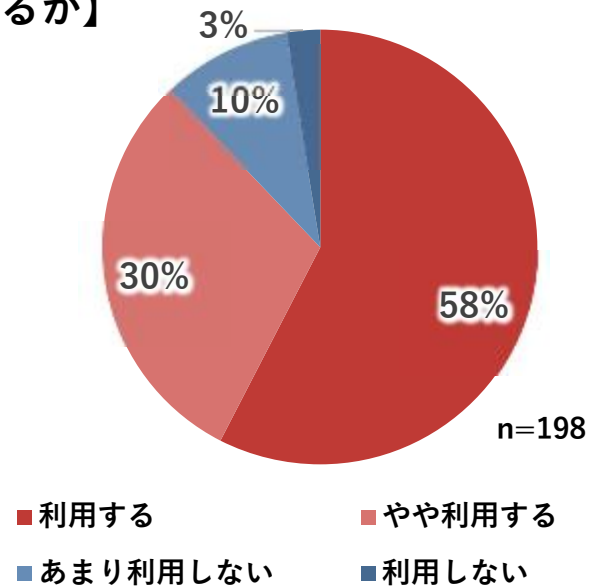
【案内看板の設置は細い路地での安全性向上に役立つか】



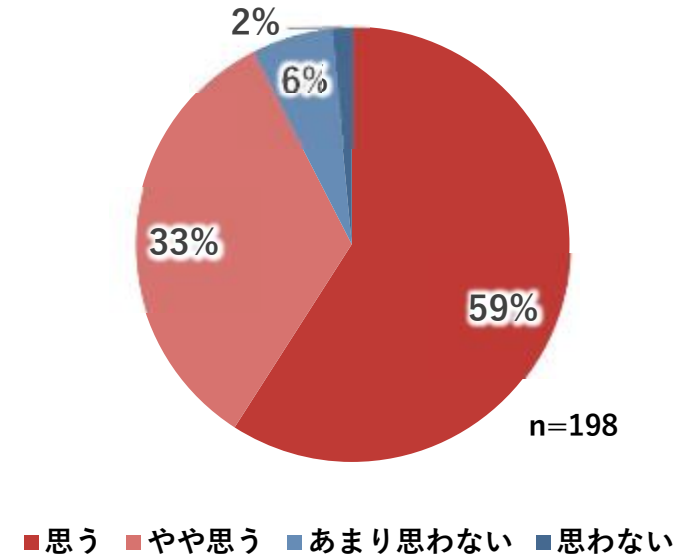
【車内係員による安全確認は細い路地での安全性向上に役立つか】



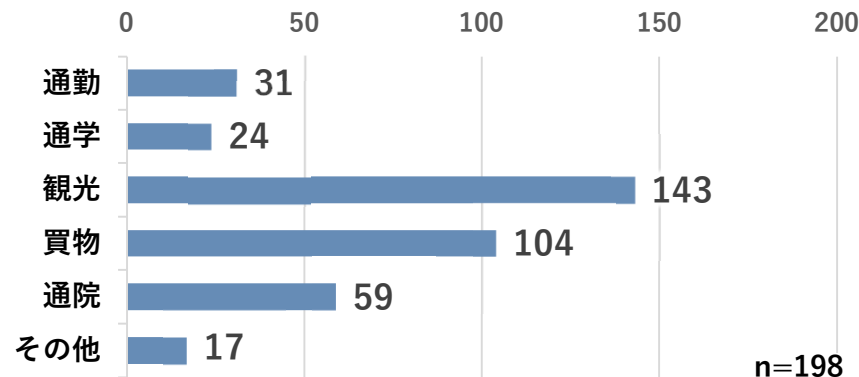
【自動運転バスが導入された場合に利用するか】



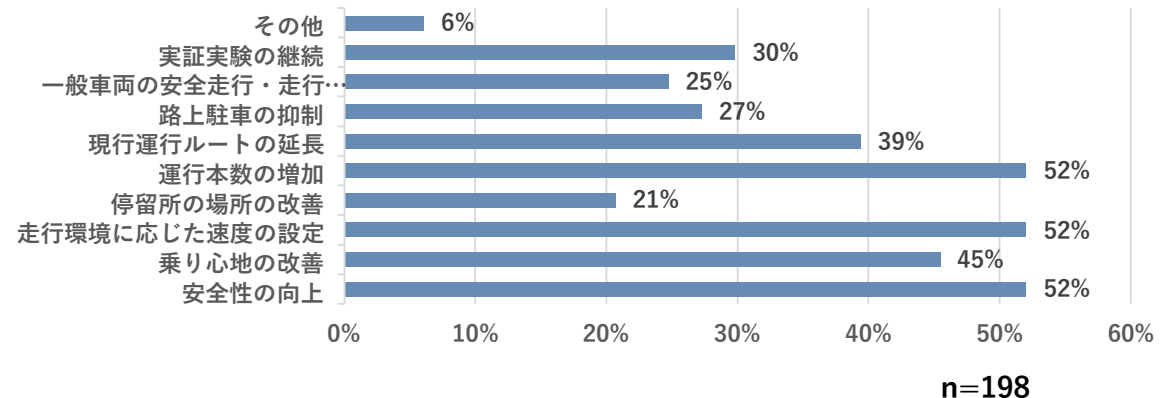
【今回のようなルートで、自動運転等が導入された場合に公共施設や商業施設のにぎわいにつながると思うか】



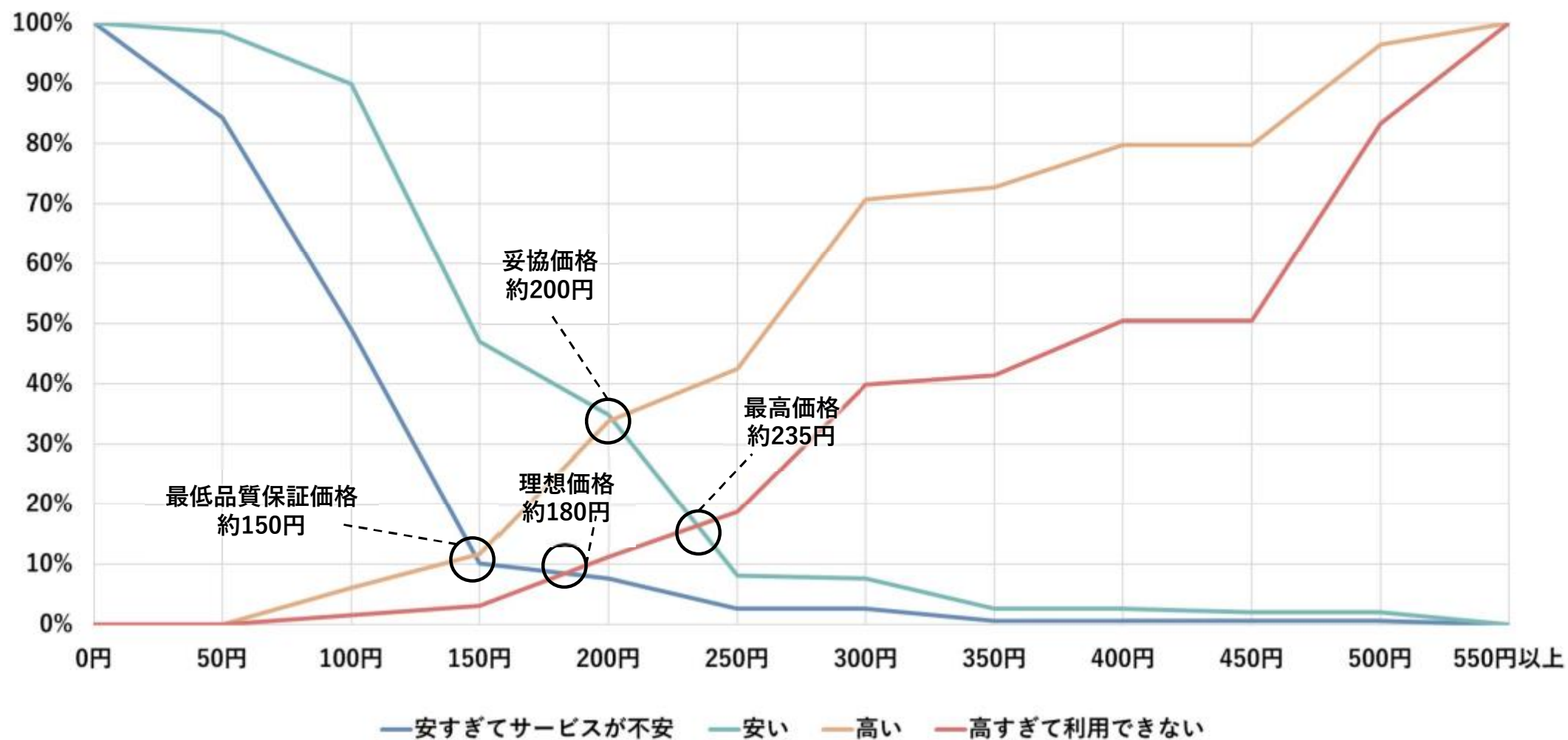
【自動運転バスが導入された場合どのような目的で利用するか・複数回答可】



【今回のルートに自動運転バスを本格導入するために必要な取組】

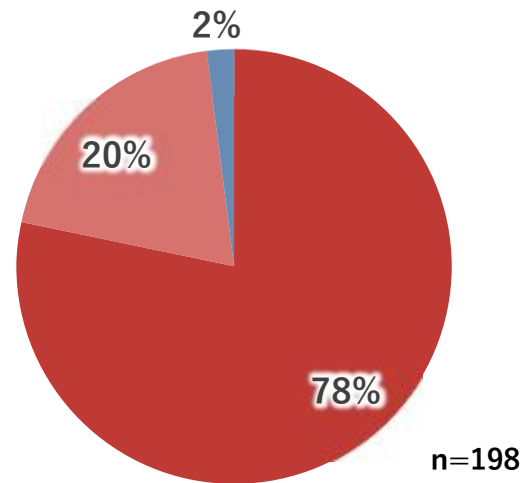


## 【価格感度分析】



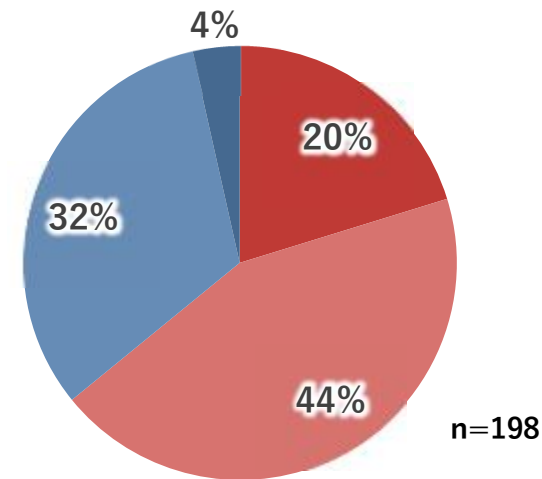


【無人の自動運転バスが普及することは良いと思うか】



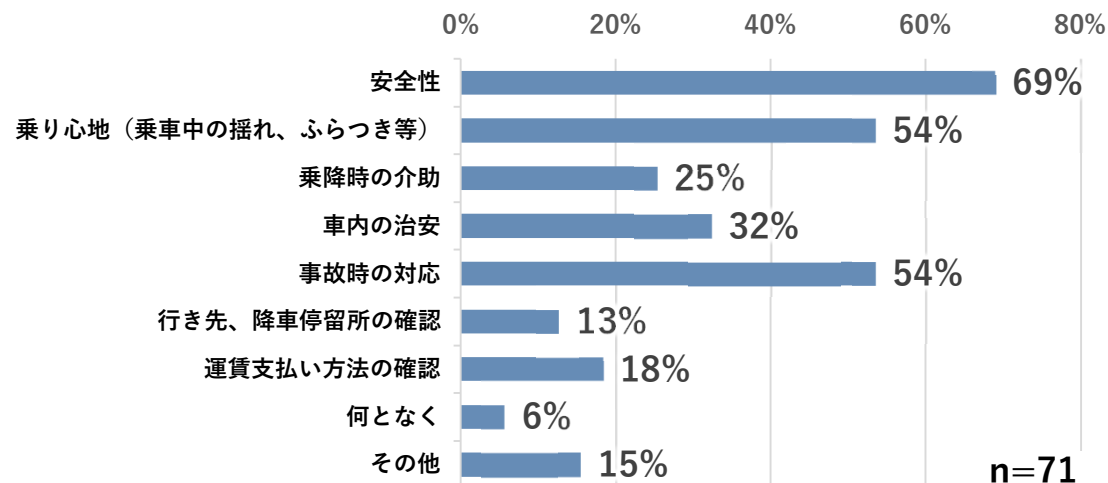
■ 思う ■ やや思う ■ あまり思わない ■ 思わない

【現時点において、無人の自動運転バスにどのような印象を持っているか】



■ 安心 ■ やや安心 ■ やや不安 ■ 不安

【「やや不安」「不安」と感じた点】



- 手動介入487件のうち7件がヒヤリハット
- ヒヤリハットは、「J ,K区間(JR足利駅→東武足利市駅)」、「d,j,m区間(東武足利市駅→JR足利駅)」で発生

## ヒヤリハットが発生した場所と要因

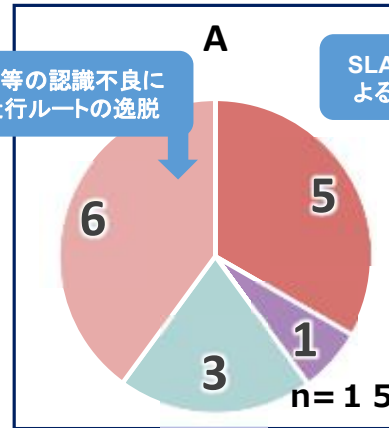


# 参考2. 手動介入発生状況 (1) JR足利駅→東武足利市駅

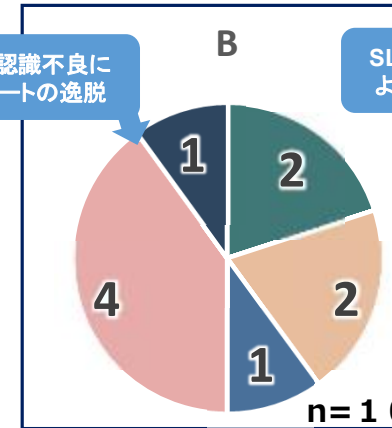
43



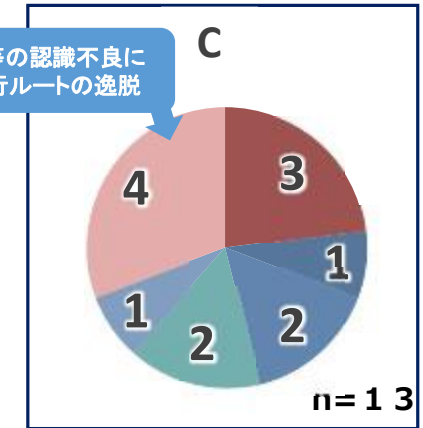
SLAM等の認識不良による走行ルートの逸脱



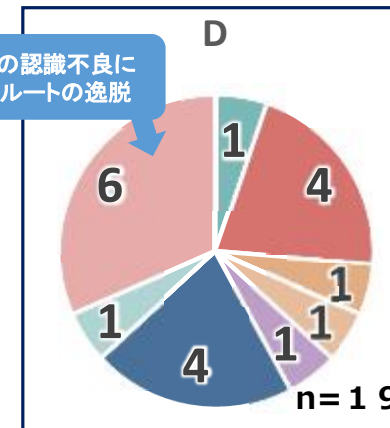
SLAM等の認識不良による走行ルートの逸脱



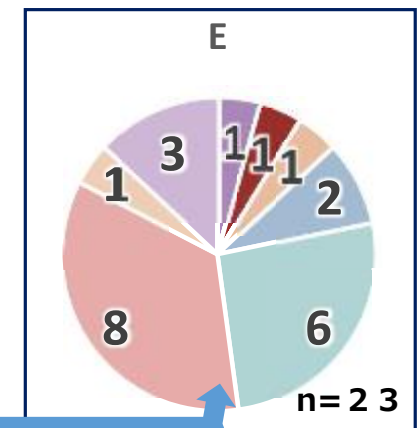
SLAM等の認識不良による走行ルートの逸脱



SLAM等の認識不良による走行ルートの逸脱



SLAM等の認識不良による走行ルートの逸脱



既存交通	既存バス・タクシーの出発待ち
	既存バス・タクシーの追越し
一般車	路上駐停車両の検知・回避
	施設出入り車両の検知・回避
	対向車の接近による検知・回避
	後続車による追い越し
	後続車への道譲り
自動二輪車 自転車	交差点等での道譲り
	先行車に対する制動不十分
	隣車線の車両接近
	自動二輪による追い抜き
	自動二輪の追い抜き以外の検知・回避
歩行者	自転車の横断
	自転車の接近
	自転車への接近
	歩行者の横断
	バス待ち人の検知
障害物	横断歩道における歩行者待ち
	バスの接近に気づかない歩行者の検知
	滞留する歩行者の検知 (沿道店舗来訪客の検知を含む)
	街路樹等の検知・回避
	障害物の検知・回避
その他	動物の検知・回避
	歩車共存空間の障害物検知 (遠藤店舗の看板やのぼり等の設置物含む)
	システムエラー
	GPS感度低下
	SLAM等の認識不良による走行ルートの逸脱
	信号通過の判断の違いに伴う危険回避
	交差点右左折時の危険回避
	バス停の停止不十分・停止位置のずれ
	赤信先頭停車
	その他

- JR足利駅→太平記館の区間ではSLAM等の認識不良が要因の大部分であった
- 太平記館付近のE区間では、GPS感度低下・SLAM等の認識不良が特に多く発生した

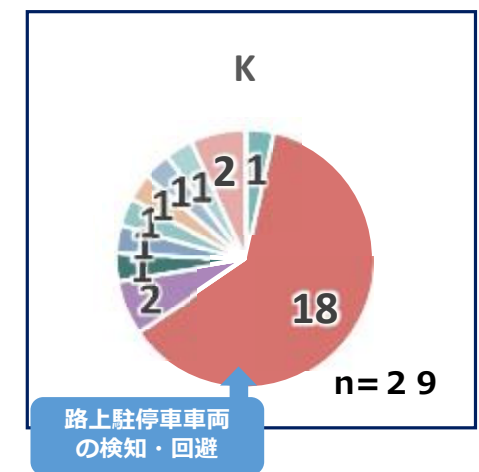
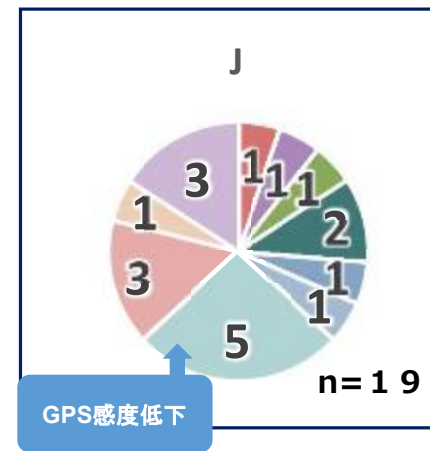
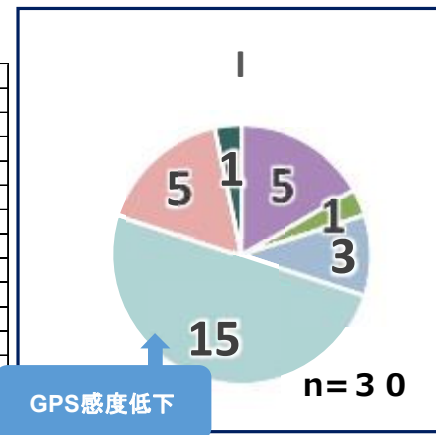
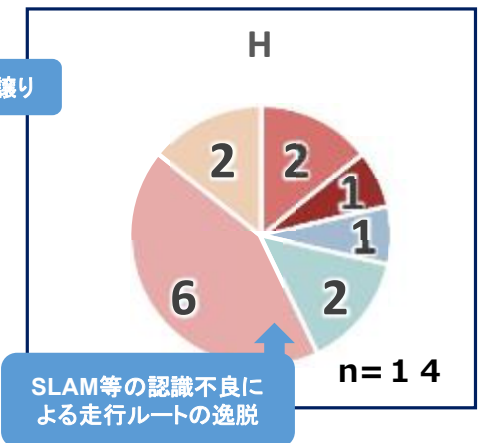
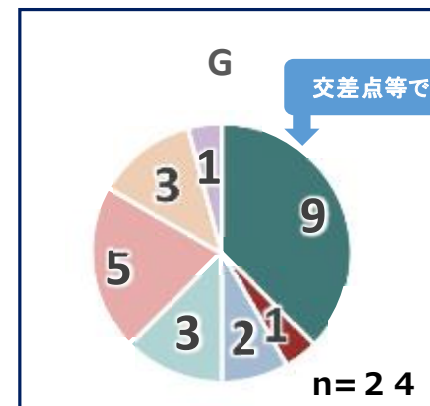
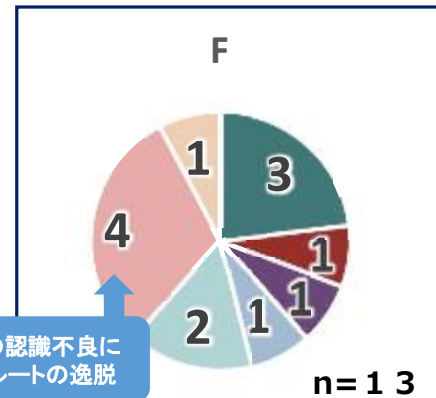


# 参考2. 手動介入発生状況 (1) JR足利駅→東武足利市駅

44



SLAM等の認識不良による走行ルートの逸脱

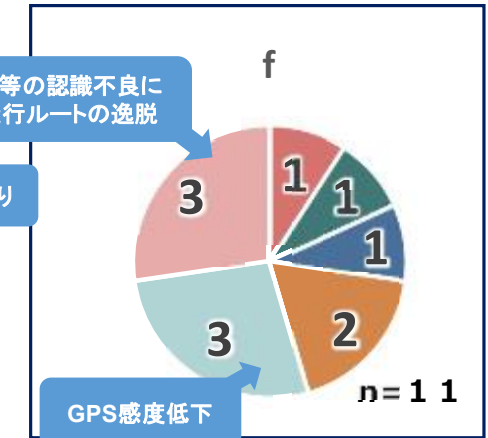
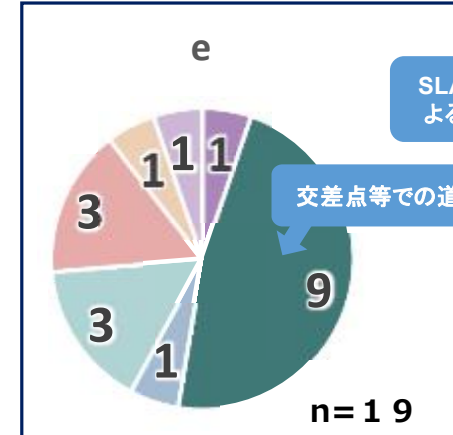
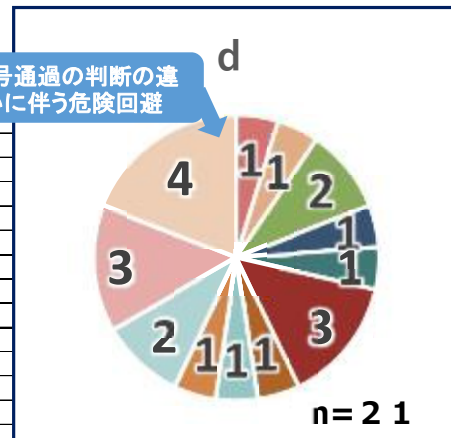
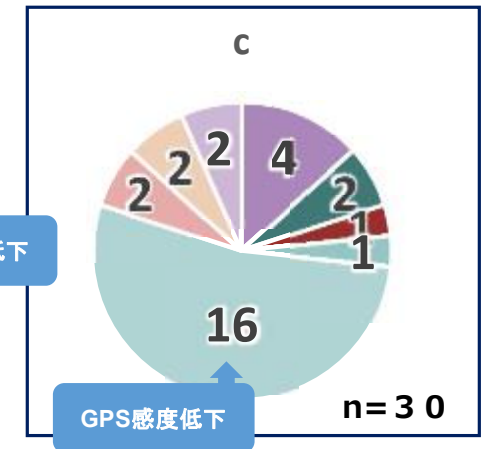
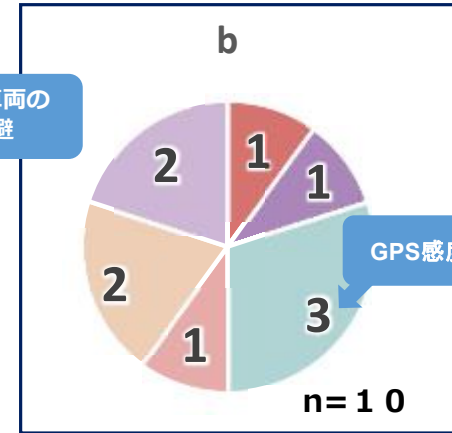
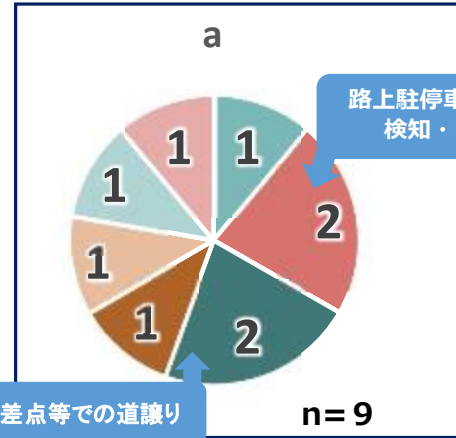


既存交通	既存バス・タクシーの出発待ち
	既存バス・タクシーの追越し
	路上駐停車車両の検知・回避
	施設出入り車両の検知・回避
	対向車の接近による検知・回避
一般車	後続車による追い越し
	後続車への道譲り
	交差点等での道譲り
	先行車に対する制動不十分
	隣車線の車両接近
自動二輪車	自動二輪による追い抜き
自転車	自動二輪の追い抜き以外の検知・回避
	自転車の横断
	自転車の接近
	自転車への接近
歩行者	歩行者の横断
	バス待ち人の検知
	横断歩道における歩行者待ち
	バスの接近に気づかない歩行者の検知
	滞留する歩行者の検知 (沿道店舗来訪客の検知を含む)
障害物	街路樹等の検知・回避
	障害物の検知・回避
	動物の検知・回避
	歩車共存空間の障害物検知 (遠藤店舗の看板やのぼり等の設置物含む)
その他	システムエラー
	GPS感度低下
	SLAM等の認識不良による走行ルートの逸脱
	信号通過の判断の違いに伴う危険回避
	交差点右左折時の危険回避
	バス停の停止不十分・停止位置のずれ
	赤信号頭停車
	その他

- 土手沿いのH区間ではSLAM等の認識不良が要因の半数を占める結果となった
- 東武足利市駅付近のK区間では、ロータリー等に駐車している一般車が多い為、路上駐車の検知・回避が18件(約60%)発生した

# 参考2. 手動介入発生状況 (1) 東武足利市駅→JR足利駅

45

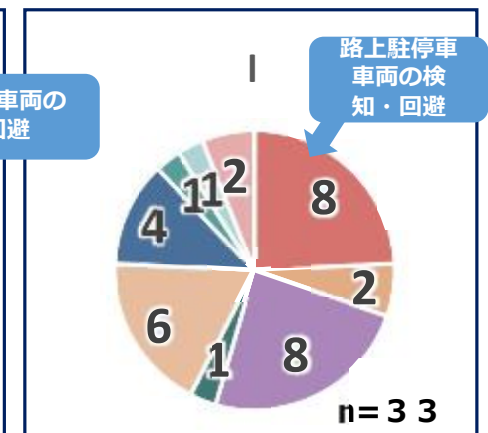
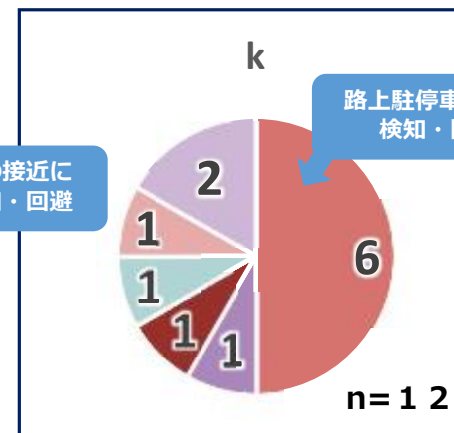
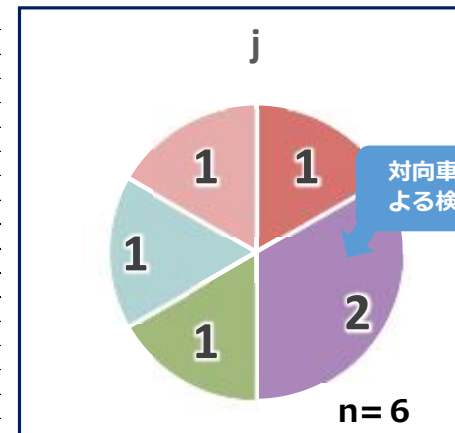
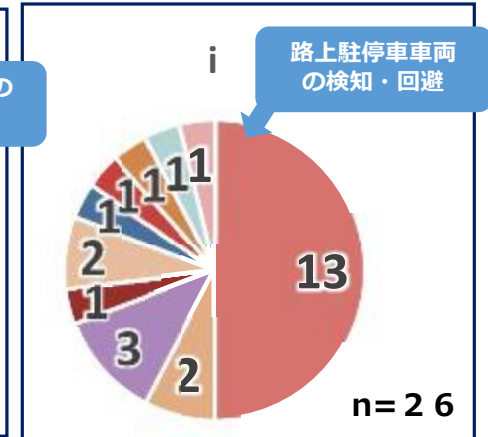
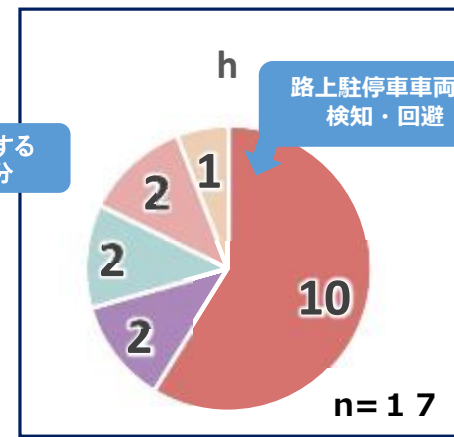
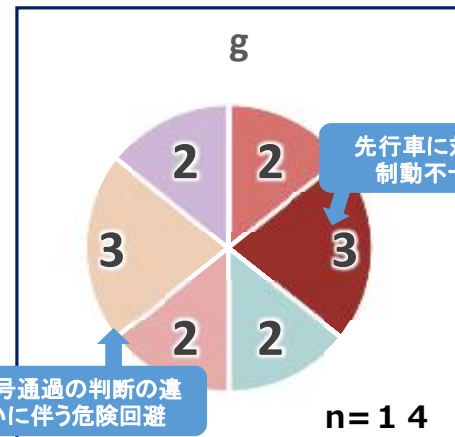


既存交通	既存バス・タクシーの出発待ち
	既存バス・タクシーの追越し
一般車	路上駐停車車両の検知・回避
	施設出入り車両の検知・回避
	対向車の接近による検知・回避
	後続車による追い越し
	後続車への道譲り
	交差点等での道譲り
	先行車に対する制動不十分
	隣車線の車両接近
自動二輪車	自動二輪による追い抜き
自転車	自動二輪の追い抜き以外の検知・回避
	自転車の横断
	自転車の接近
	自転車への接近
歩行者	歩行者の横断
	バス待ち人の検知
	横断歩道における歩行者待ち
	バスの接近に気づかない歩行者の検知
	滞留する歩行者の検知（沿道店舗来訪客の検知を含む）
障害物	街路樹等の検知・回避
	障害物の検知・回避
	動物の検知・回避
	歩車共存空間の障害物検知（逸藤店舗の看板やのぼり等の設置物含む）
その他	システムエラー
	GPS感度低下
	SLAM等の認識不良による走行ルートの逸脱
	信号通過の判断の違いに伴う危険回避
	交差点右左折時の危険回避
	バス停の停止不十分・停止位置のずれ
	赤信先頭停車
	その他

- 渡良瀬橋～織姫橋間のe区間では、「交差点での道譲り」が要因の約半数を占めた。

# 参考2. 手動介入発生状況 (1) 東武足利市駅→JR足利駅

46



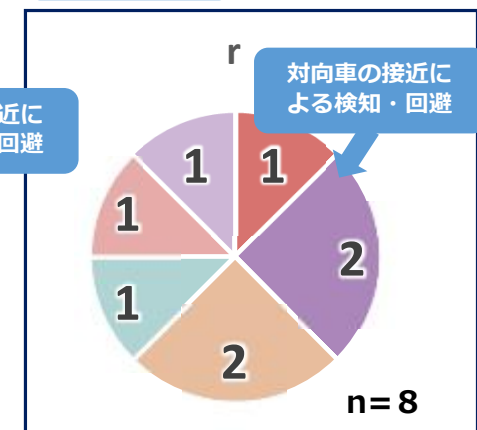
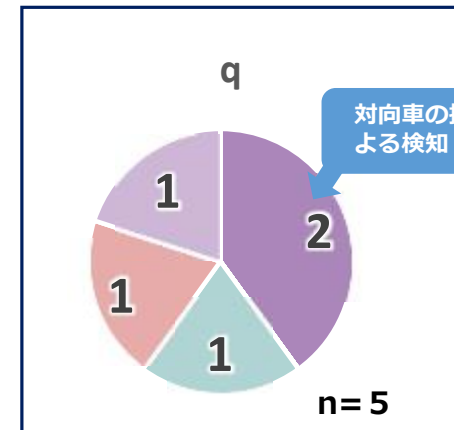
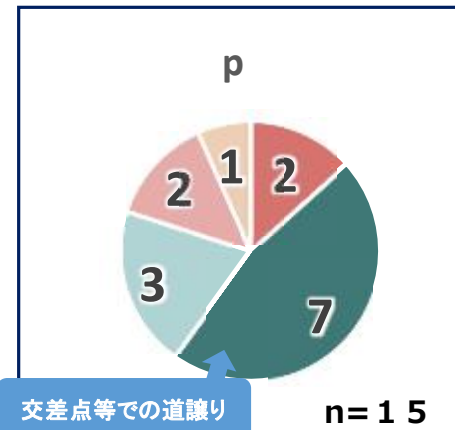
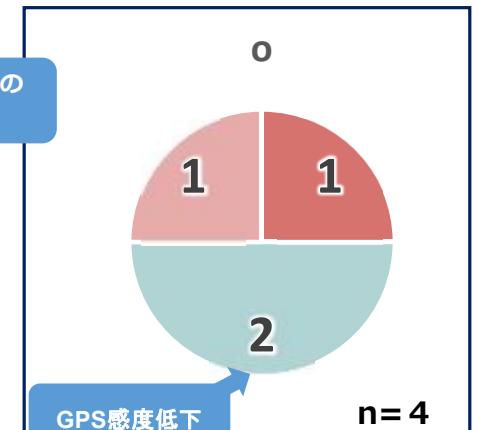
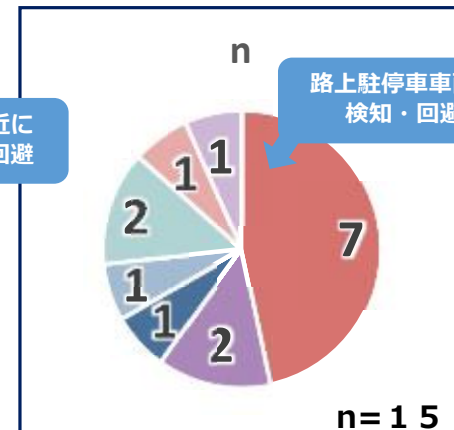
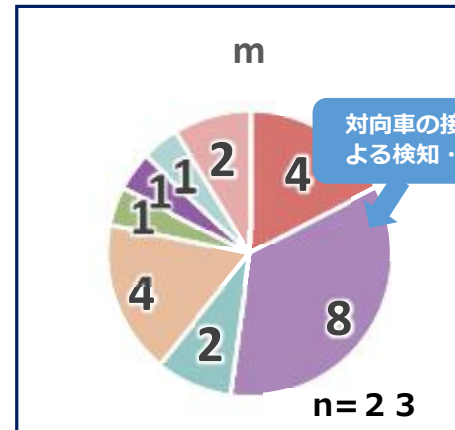
既存交通	既存バス・タクシーの出発待ち
	既存バス・タクシーの追越し
一般車	路上駐停車車両の検知・回避
	施設出入り車両の検知・回避
	対向車の接近による検知・回避
	後続車による追い越し
	後続車への道譲り
	交差点等での道譲り
	先行車に対する制動不十分
	隣車線の車両接近
自動二輪車	自動二輪による追い抜き
自転車	自動二輪の追い抜き以外の検知・回避
	自転車の横断
	自転車の接近
	自転車への接近
歩行者	歩行者の横断
	バス待ち人の検知
	横断歩道における歩行者待ち
	バスの接近に気づかない歩行者の検知
	滞留する歩行者の検知 (沿道店舗来訪客の検知を含む)
障害物	街路樹等の検知・回避
	障害物の検知・回避
	動物の検知・回避
	歩車共存空間の障害物検知 (通称店舗の看板等の設置物含む)
その他	システムエラー
	GPS感度低下
	SLAM等の認識不良による走行ルートの逸脱
	信号通過の判断の違いに伴う危険回避
	交差点右左折時の危険回避
	バス停の停止不十分・停止位置のずれ
	赤信先頭停車
	その他

- 道路幅が狭いh・i区間では、要因の半数以上が路上駐車の検知・回避となった
- 細い路地を走行するj~l区間では、路上駐車の検知・回避や対向車の接近による検知・回避が発生した



# 参考2. 手動介入発生状況 (1) 東武足利市駅→JR足利駅

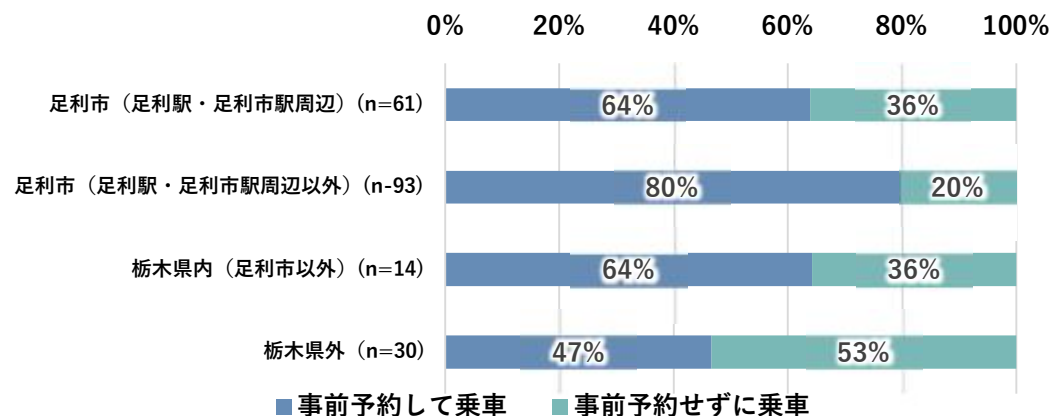
47



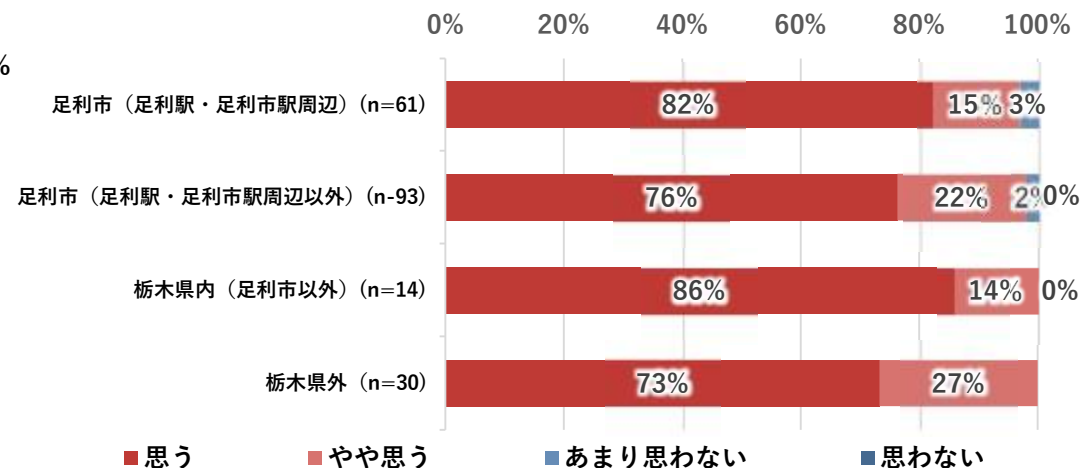
既存交通	既存バス・タクシーの出発待ち
	既存バス・タクシーの追越し
一般車	路上駐停車車両の検知・回避
	施設出入り車両の検知・回避
	対向車の接近による検知・回避
	後続車による追い越し
	後続車への道譲り
	交差点等での道譲り
	先行車に対する制動不十分
	隣車線の車両接近
自動二輪車	自動二輪による追い抜き
自転車	自動二輪の追い抜き以外の検知・回避
	自転車の横断
	自転車の接近
	自転車への接近
歩行者	歩行者の横断
	バス待ち人の検知
	横断歩道における歩行者待ち
	バスの接近に気づかない歩行者の検知
	滞留する歩行者の検知 (沿道店舗来訪客の検知を含む)
障害物	街路樹等の検知・回避
	障害物の検知・回避
	動物の検知・回避
	歩車共存空間の障害物検知 (通称店舗の看板やのぼり等の設置物含む)
その他	システムエラー
	GPS感度低下
	SLAM等の認識不良による走行ルートの逸脱
	信号通過の判断の違いに伴う危険回避
	交差点右左折時の危険回避
	バス停の停止不十分・停止位置のずれ
	赤信号頭停車
	その他

- 細い路地を走行するm~n区間では、路上駐車の検知・回避や対向車の接近による検知・回避が多く発生した
- 丁字路があるp区間では、一般車との交差点等での道譲りが多く発生した

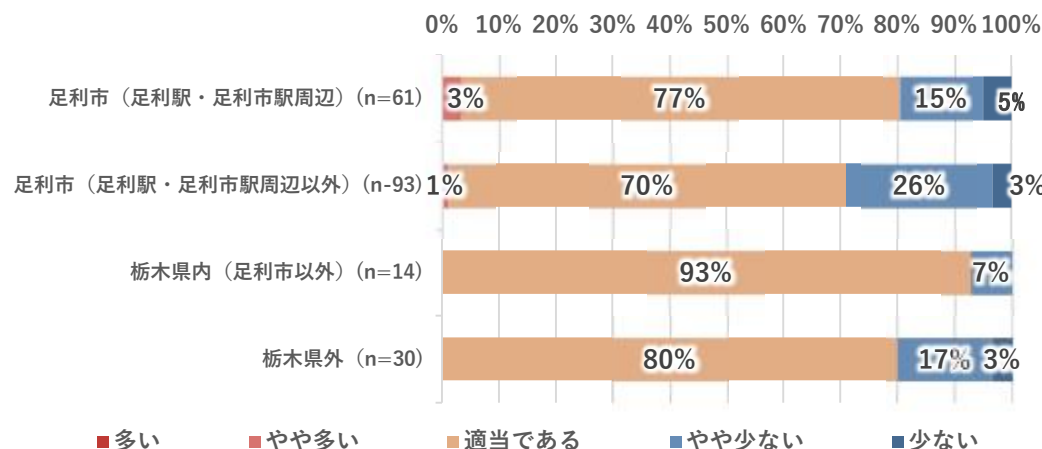
【居住地×予約の有無】



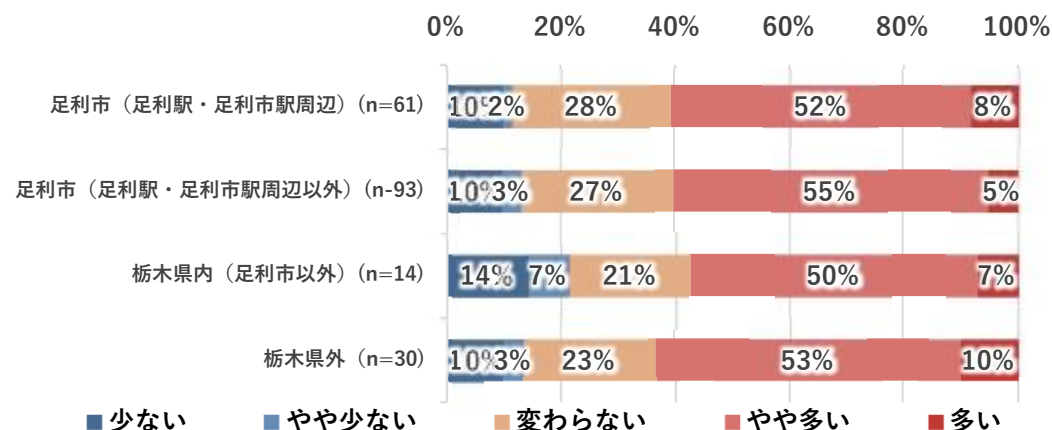
【居住地×無人の自動運転バスが普及することは良いと思うか】



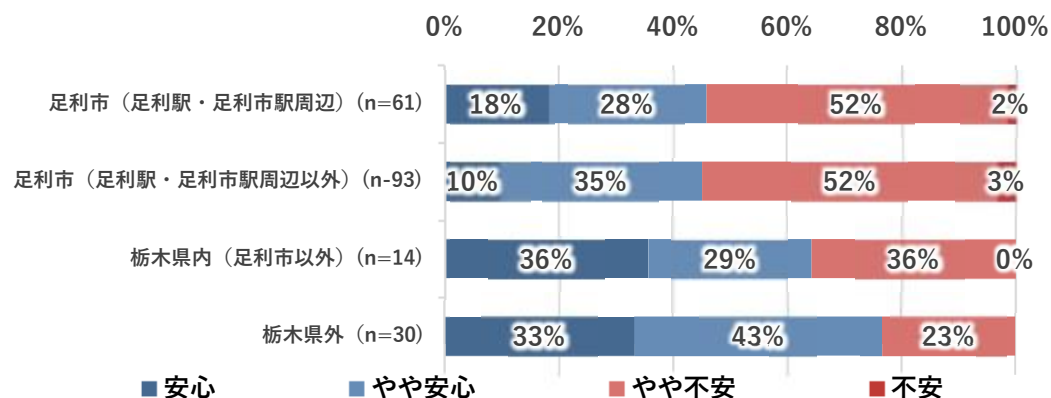
【居住地×バス停の数】



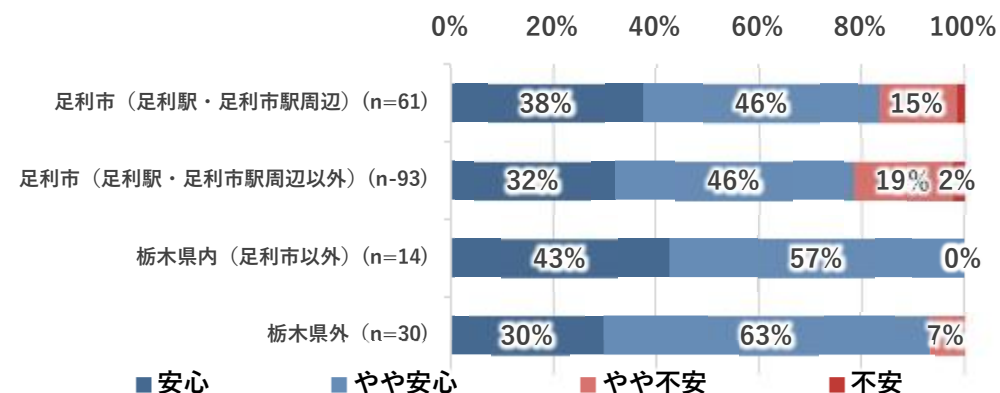
【居住地×自動運転バスの急ブレーキや急ハンドルの回数】



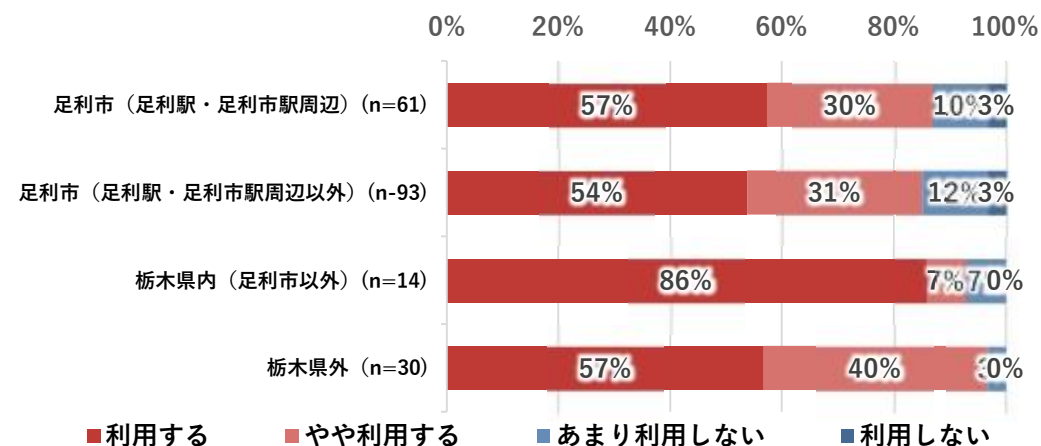
【居住地×乗車前の印象】



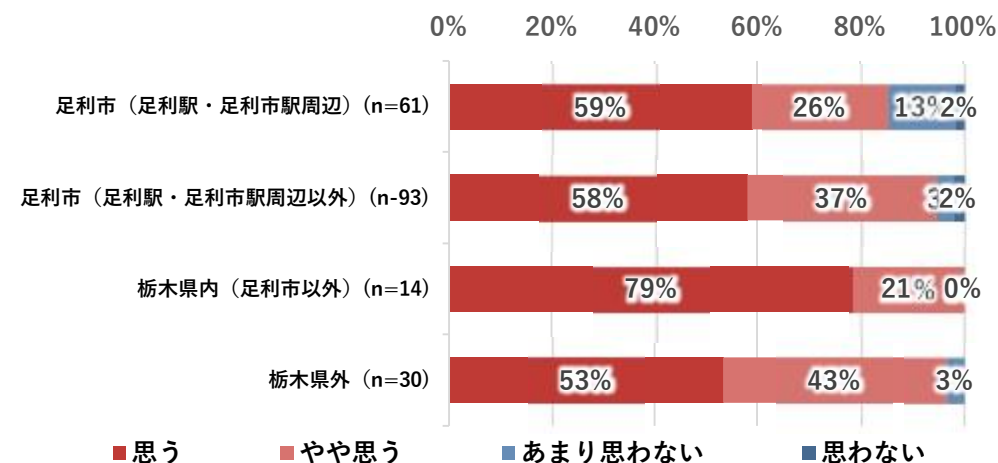
【居住地×乗車後の印象】



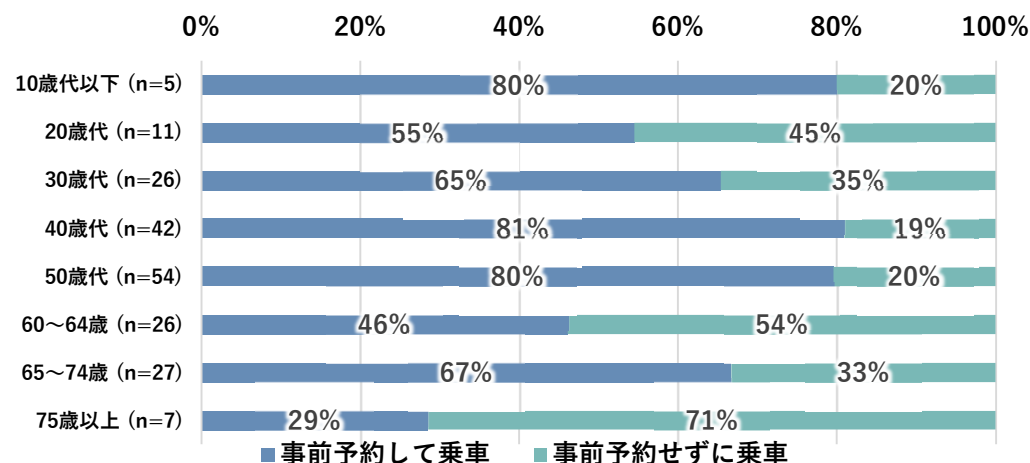
【居住地×今後の利用意向】



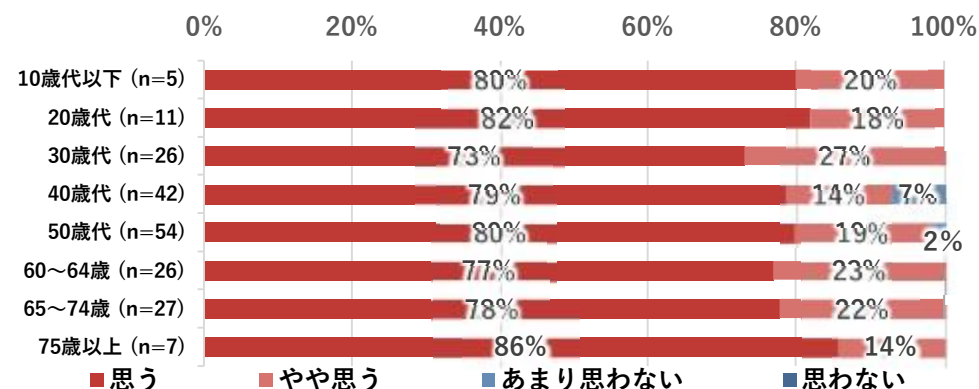
【居住地×今回のようなルートで、自動運転等が導入された場合に公共施設や商業施設のにぎわいにつながるか】



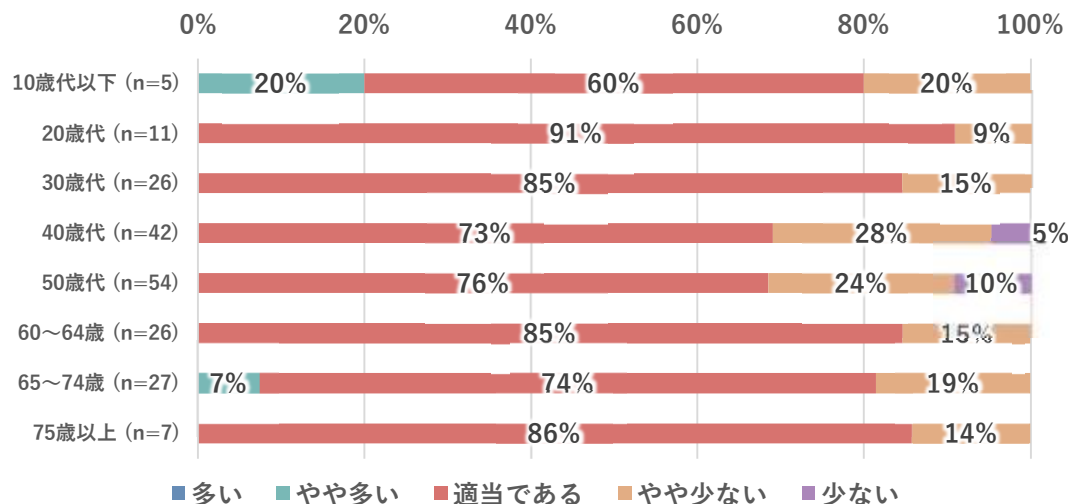
【年齢×予約の有無】



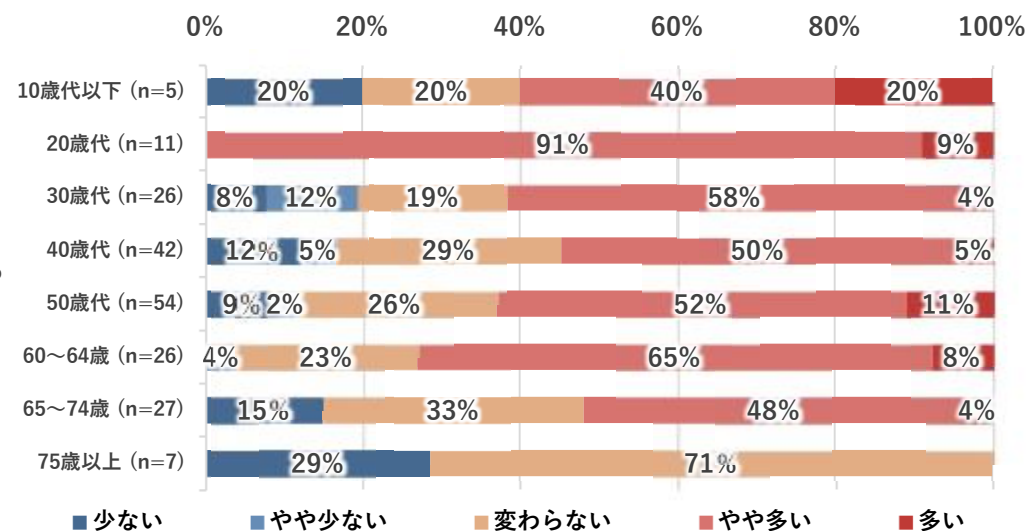
【年齢×無人の自動運転バスが普及することは良いと思うか】



【年齢×バス停の数】



【年齢×自動運転バスの急ブレーキや急ハンドルの回数】

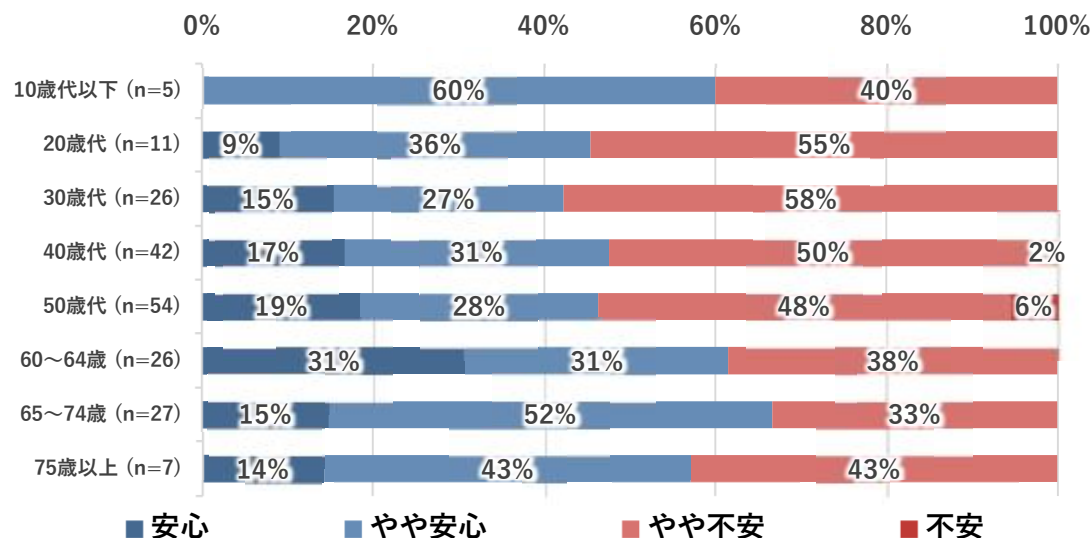




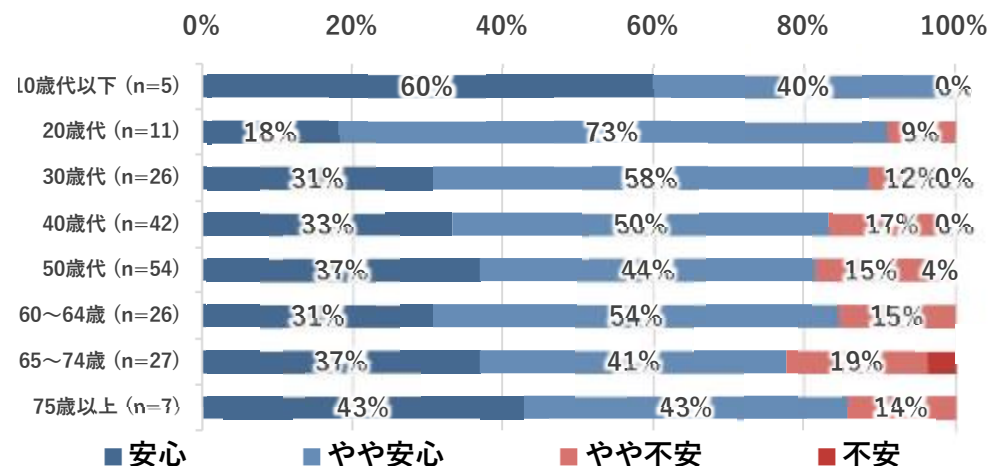
# 参考1. アンケート調査 (1) 実験参加者 ⑪ クロス集計

51

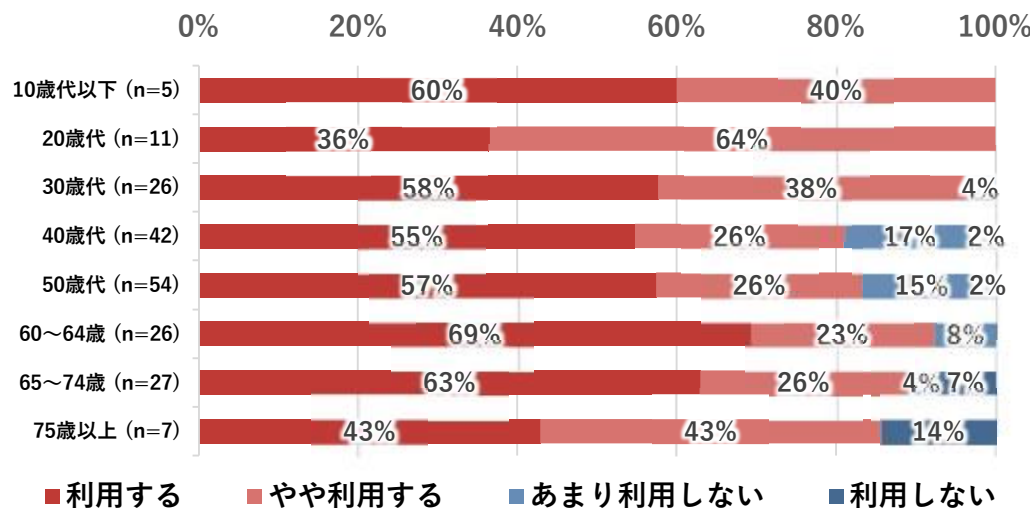
【年齢×乗車前の印象】



【年齢×乗車後の印象】



【年齢×今後の利用意向】



【年齢×今回のようなルートで、自動運転等が導入された場合に公共施設や商業施設のにぎわいにつながると思うか】

