

第128回運輸政策コロキウム

**バス・タクシー分野における自動運転車の運行管理、
安全性に対する利用者意識**

平成31年4月2日

運輸総合研究所

研究員 安部遼祐



JTTRI
Japan Transport and Tourism Research Institute

本報告の背景・目的

バス・タクシーでの自動運転車

- 我が国では2020年頃からの実用化を目指して多数の実証実験が実施される
- 自動運転車の遠隔監視システムの開発も活発化。2018年に策定された「自動運転車の安全技術ガイドライン」ではサービスの運行管理の要件等が定まる

自動運転車の運行管理

- 事業者では、監視コストの増大は自動運転車導入の障壁にも。**運行管理は将来的な運行コストや事業採算性へ強い影響を与える可能性**
- 利用者では、運行が遠隔監視され、乗務員のいないバス・タクシーへの乗車に対して抵抗感もつ可能性。しかし、**運行管理に関連した利用者意識の知見が不足**

本報告は、バス・タクシーでの自動運転車の運行管理が

- 将来的な運行コストへ与える影響（運行管理はどの程度重要な問題か？）
- 自動運転車の利用意向へ与える影響（利用者はどう思っているのか？）

を明らかにする

用語の定義

現行の法律上は、「運行管理」= 安全確保業務 として使われる

- **自動車運送事業の運行管理者は**、道路運送法及び貨物自動車運送事業法に基づき、事業用自動車の運転者の乗務割の作成、休憩・睡眠施設の保守管理、運転者の指導監督、点呼による運転者の疲労・健康状態等の把握や安全運行の指示等、**事業用自動車の運行の安全を確保するための業務**を行う

一般的には、「運行管理」には、安全確保業務のみではなく、車両の最適配置（運行計画の策定）等の意味合いも含まれる

本報告は、自動運転車の「運行管理」= 安全確保業務 として使う

- 自動運転車の「運行監視」と言い換えも可能

出典：国交省・自動車運送事業の運行管理者になるには (<http://www.mlit.go.jp/about/file000064.html>)、国交省・自動車総合安全情報 (<http://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/03safety/dispatcher.html>)、公益財団法人運行管理者試験センター (<http://www.unkan.or.jp>)

1. バス・タクシーでの自動運転車の実態
2. バス・タクシーでの自動運転車の運行管理
3. 将来的な運行コストへ与える影響
4. 自動運転車の利用意向へ与える影響

本報告のまとめ・提言

1. バス・タクシーでの自動運転車の実態

- **自動運転車の技術・法制面**
- バス・タクシーでの自動運転車

2. バス・タクシーでの自動運転車の運行管理

3. 将来的な運行コストへ与える影響

4. 自動運転車の利用意向へ与える影響

本報告のまとめ・提言

自動運転技術の開発活性化

- 2010年代に入り、画像認識等におけるAIの技術進歩。IT企業が自動運転の開発に参入。完全自動運転を目指した開発競争が激化
- 日本政府の目標は、2020年にレベル3、2025年にレベル4（高速道路上のみ）での実用化。自動運転サービスは2020年までに地域限定で始め、30年までに100ヶ所以上に広げる
- 2018年に制度整備大綱が策定される等、過渡期（＝通常車両と自動運転車が混在、当面は2025年まで）を想定した法制度の整備も進む

写真、図

自動運転レベル

技術と責任面による分類

米国自動車技術会 SAE J3016

レベル	概要	安全運転に係る監視、 対応主体
運転者が一部または全ての車の操作を行う		
1（運転支援）	システムが前後・左右のいずれかの車の操作を行う	運転者
2（部分自動運転）	システムが前後・左右両方の車の操作を行う	運転者
自動運転システムが（作動時は）全ての車の操作を行う		
3（条件付き自動運転）	限定領域内。ただし、システムの介入要求に対して運転を引き受ける必要あり	システム（作動継続が困難な場合は運転者）
4（高度自動運転）	限定領域内	システム
5（完全自動運転）	限定領域の制約なし	システム

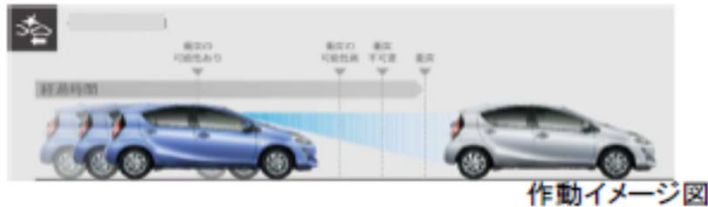
* 限定領域：地理的な領域に限らず、環境、交通状況、速度、時間的条件などを含む

普及の見通し 1

近年、レベル1、2に相当する技術の普及が進む

自動ブレーキ(衝突被害軽減ブレーキ)

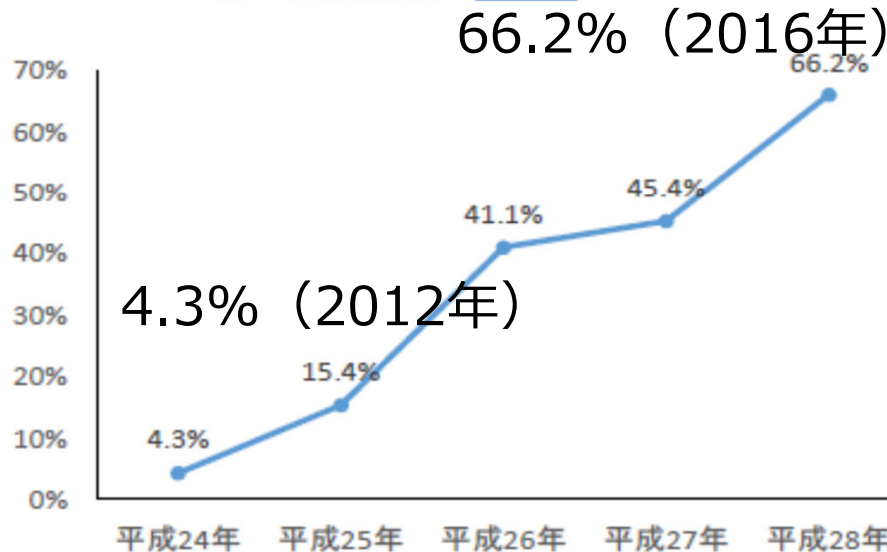
前方の車両との衝突を予測して、自動でブレーキを作動することにより衝突時の被害を軽減する装置



作動イメージ図

新車搭載台数(平成28年)

2,480,672 台 (生産台数の66.2%)



アダプティブ・クルーズ・コントロール(ACC)

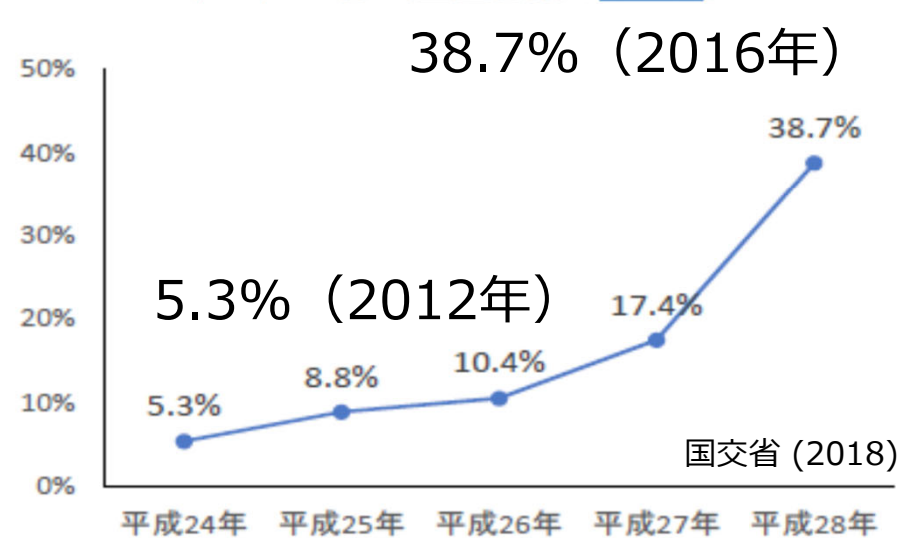
高速道路等において速度や前走車との車間距離を自動制御する装置



作動イメージ図

新車搭載台数(平成28年)

1,658,739 台 (生産台数の38.7%)



普及の見通し 2

2018年秋、アウディがレベル3機能 (Traffic Jam Pilot) 装着の量産車を発売。日米では法制度等の問題から機能の使用は当面できない (日本政府は2020年に高速道路上でのレベル3を目標)

* Audi A8 2019年モデル、価格1140万～1640万円。量産型ライダー搭載

将来

2025年に、レベル4・5装着車は世界の乗用車販売台数の最大2% (Lazard and Roland Berger, 2017) 2030年に3.8% (Bailo et al., 2018)

30年代に急速に普及するとの予測が多いが、不確実性が大きい

普及初期は、高車両コストを負担可能なタクシー等の事業での利用が中心とも (Guerra, 2016; Reuters, 2017; Wadud, 2017)

自動運転に係る制度整備大綱（2018年4月策定）

2020年以降2025年までの自動運転車と通常車両が混在する時期（過渡期）を想定した法制度のあり方を検討

車両の安全確保

- レベル3・4の自動運転車を対象とした安全技術ガイドライン（2018年9月）、道路運送車両法改正案（2018年3月閣議決定）

交通ルール

- ジュネーブ条約に係る国際的な議論等の進展に留意しつつ検討
- レベル3を対象とした道交法改正案（2018年3月閣議決定）
- 無人自動運転移動サービス：当面は、個別具体的に通行の可否や方法を定めるという考え方（警察庁報告書、2019年3月）

民事責任

- 自賠償関係は結論（2018年3月）

刑事責任 今後検討

運送事業に関する法制度 運転者が車内に不在となる自動運転車で旅客運送を行う場合でも同等の安全性及び利便性が確保されるために必要な措置を検討

1. バス・タクシーでの自動運転車の実態

- 自動運転車の技術・法制面
- **バス・タクシーでの自動運転車**

2. バス・タクシーでの自動運転車の運行管理

3. 将来的な運行コストへ与える影響

4. 自動運転車の利用意向へ与える影響

本報告のまとめ・提言

自動運転車の期待効果

交通事故の低減	渋滞の解消・緩和	少子高齢化への対応 生産性の向上	国際競争力の強化
<p>現在の課題</p> <p>交通事故により年間4,000人超が死亡(※1)</p> <p>→ 交通事故の96%は運転者に起因</p> <p>法令違反別死亡事故発生件数(H25年)</p>  <p>運転者の法令違反 96%</p> <p>官民ITS構想・ロードマップ2015(平成27年6月IT戦略本部)より</p>	<p>現在の課題</p> <p>渋滞による経済活動の阻害 沿道環境の悪化等</p> <p>→ 不適切な車間距離や加減速が渋滞の一因</p> 	<p>現在の課題</p> <p>地方部を中心として高齢者の移動手段が減少</p> <p>→ 公共交通の衰退、加齢に伴う運転能力の低下等が要因</p>  <p>路線バスの1日あたり運行回数(1970年を100とした指数)</p> <p>・少子高齢化を背景として、トラック等の運転者の不足</p>	<p>現在の課題</p> <p>日欧米において自動運転の開発・普及に向けた取り組みが活発化</p> <p>→ 我が国の基幹産業である自動車産業の競争力確保が必要</p>  <p>図1: 先進安全領域における競争状況</p>
<p>期待される技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 自動ブレーキ 安全な速度管理 車線の維持 <p>など</p>	<p>期待される技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全な車間距離の維持 適切な速度管理(急な加減速の防止) <p>など</p>	<p>期待される技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 公共交通から目的地までの数km程度の自動運転 高速道路での隊列走行 など 	<p>期待される取組</p> <ul style="list-style-type: none"> 我が国主導の下、自動運転に係る国際基準の策定 自動運転関連技術の開発の促進およびパッケージ化
<p>効果</p> <p>運転者のミスに起因する事故の防止</p>	<p>効果</p> <p>渋滞につながる運転の抑止</p>	<p>効果</p> <ul style="list-style-type: none"> 高齢者の移動手段の確保(公共交通の補完) ドライバーの負担軽減 生産性の向上 	<p>効果</p> <p>技術・ノウハウに基づく国際展開</p>

掘り下げる

国交省(2018)

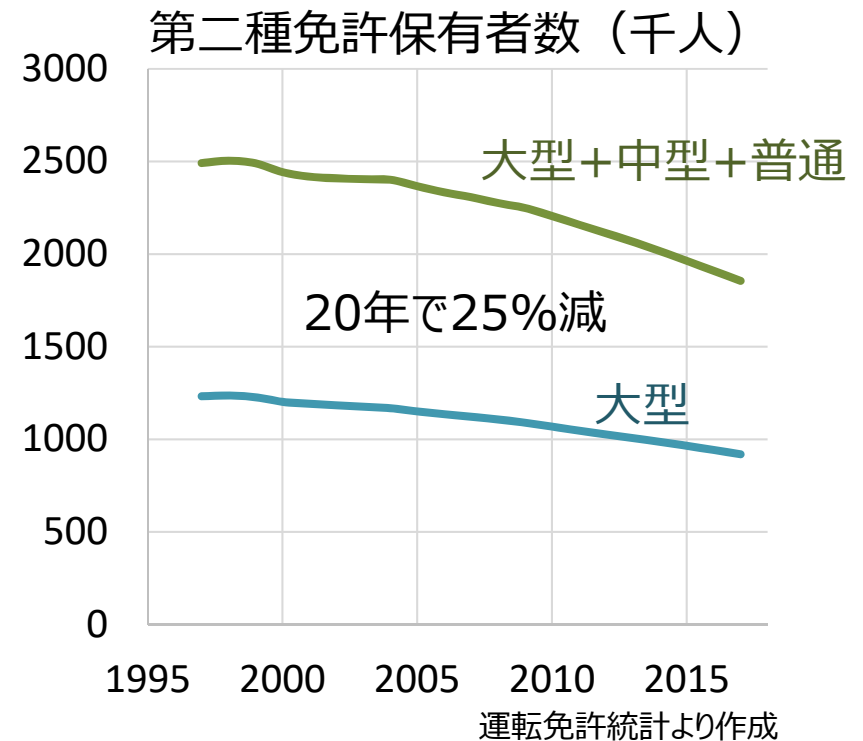
事業者のメリット：生産性向上

運転者不足の慢性化・深刻化

- 若年層を中心として運転者の確保に難航
- 日本経済における人手不足

近年の動き

- 警察庁が第二種免許（普通・大型）制度のあり方（受験資格緩和等）の検討
- **自動運転技術による「運転者不足の解消」と「運行の低コスト化」への期待**（国交省、2017）
東京都でも同様の期待（東京都、2018）



バス・タクシー事業からは、「運行の低コスト化」と「運転者不足の解消」への期待

雇用への影響は国によって異なる。日本やシンガポールはドライバー不足
米国は自動運転車普及は運輸部門で雇用減（別部門で雇用増）（Groshen et al., 2018）

利用者のメリット：公共交通アクセシビリティの維持・向上

運行の低コスト化→（特に地域の）公共交通網の財務的持続可能性を高め、
サービスレベルの現状維持につながる

サービスレベルの向上

タクシー移動 (unlinked trip) バス移動 (unlinked trip)



• 待ち時間減？

乗車中

• 運賃減？

• 時間



• アクセス時間減？ ← 新たな路線（シャトル含む）導入 = バス路線網拡大？
• 待ち時間減？ ← 頻度増加？

乗車中

• 運賃減？

• 時間

利用者からは、「地域公共交通網の維持・サービス向上」、
「都市や地方での公共交通アクセシビリティの維持・向上」への期待

バス・タクシーでの自動運転車の実証実験の動向 (1/3)

IT企業・自動車会社主導プロジェクト (一例)

- ウェイモ (Google系列) : **アリゾナ州フェニックス市**で一般向けの自動運転サービスを**2018年12月に開始**。クライスラー (FCA) と6万台超の車両供給契約。日産と提携
(後ほど説明)
- クルーズ (GM系列) : 同様の一般向けサービスを**米国複数の都市で2019年中に開始予定**。ホンダ、ソフトバンク出資
- ウーバーはトヨタと提携
- ダイムラー・ボッシュ : 同様の一般向けサービスを**カリフォルニア州の主要都市で2019年後半に開始予定**
- 日産・DeNA : 2019年2~3月に横浜みなとみらい、関内地区周辺で自動運転ライドシェアサービスの実験を実施。**2020年代早期のサービス展開が目標**

図

バス・タクシーでの自動運転車の実証実験の動向 (2/3)

運輸企業・大学主導プロジェクト（一例）

- 群馬大・前橋市・日本中央バス：2018年12月から前橋駅と中央前橋駅を結ぶ自動運転バスの運行を開始（2019年3月まで）。36人乗りの日野ポンチョを使い時速20km。週に3日通常のダイヤで実施。現在は運転手が同乗するが、2020年の運転手なし自動運転が目標
- 小田急電鉄・神奈川中央交通・慶応大学：湘南藤沢キャンパスで自動運転バスの実験を実施。最寄り駅を結ぶ路線への導入が目標。2020年頃を目処に実用化（後ほど説明）
- 小田急電鉄・江ノ島電鉄：2018年9月に江ノ島で自動運転バスの実験。1キロの区間を1日6往復
- JR東日本：2018年12月から大船渡線BRTで自動運転バスの実験を実施
- 京阪バス：2020年に路線バスへの自動運転の導入を目指す。2019年に大津市で実証実験
- 大阪メトロ：2020年に自動運転バスの運行を開始し、2024年までに20路線に広げる

バス・タクシーでの自動運転車の実証実験の動向 (3/3)

国・自治体主導プロジェクト（一例）

- 未来投資戦略2018：自動運転サービスを2020年までに地域限定で始め、30年までに100ヶ所以上を目標
- 国交省・経産省：2017年度から地方都市や中山間地域での実証実験を開始。産総研は2018年11月に福井県永平寺市で1人の監視員が2台の監視・操作する実験を実施。10月にひたちBRTの専用線と一般道で自動運転バスの実験 **（後ほど説明）**
- 内閣府：2019年1～3月に沖縄県で大型自動運転バスの公道での実証実験（運転手は同乗）。那覇空港～豊見城市の9キロでは平日6便。時速50キロで車線維持等を目指す
- 東京都：2018年8月に日の丸交通とZMPが大手町～六本木間で自動運転タクシー、2019年2月にSBドライブと神奈川中央交通が多摩ニュータウンで自動運転バス。運転席にはバス運転士が座るが、ハンドルは握らず、加減速やハンドル操作は原則として自動操作。運転士は信号などで一時停止した後は安全確認をした上で発車ボタンを押す。急な飛出しなどがあった場合も運転士が介入

**我が国では2020年頃からの（何らかの形での）実用化を目指して
自動運転バス・タクシーの実証実験が多数実施されている**

事例1：国交省の実証実験（福岡県みやま市）

「みやま市役所 山川支所」自動運転実証実験ルート 走行延長 往復約10km





左上図
レベル2 区間

右上図
レベル4 区間（他の車は進入禁止）

安全のため路上に監視員を配置して実験
路線全体に電磁誘導線が使われる

（国土交通省様のご厚意により見学）

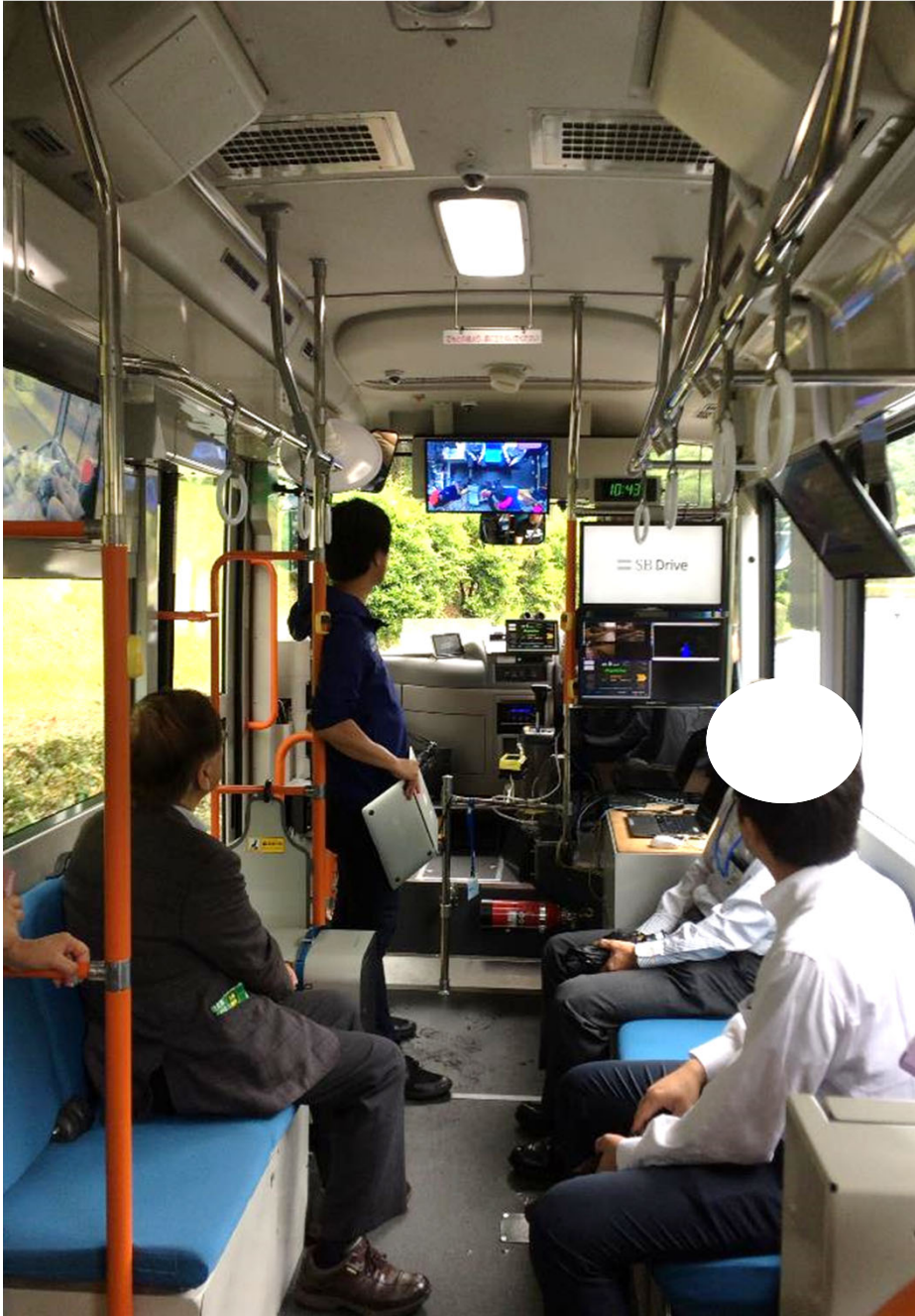


事例 2 : 小田急電鉄・神奈川中央交通の実証実験 (藤沢市)

図

- 慶応大学湘南藤沢キャンパス内にて実験
- 通学時間帯の輸送力強化
- 自動運転バス (シャトル) によるフィーダー輸送を目標
- 将来的にはラストマイル問題の解決

図



日野ポンチョ 定員22名

車両内外に配置の監視カメラによる
遠隔監視システムが使われる

(小田急電鉄・神奈川中央交通様の
ご厚意により見学)

我が国における自動運転バス・タクシープロジェクトの特徴

- (伝統的な) 運輸事業者が多数参画
- 小型ならびに大型のバスへの高い関心 (c.f., 米国におけるshared mobilityへの高い関心)

	民間事業者			中央省庁		
	三大都市圏 (中心部)	三大都市圏 (郊外部)	地方都市圏・ 町村部	三大都市圏 (中心部)	三大都市圏 (郊外部)	地方都市圏・ 町村部
タクシー (相乗りなし・あり)	B	B	B	C	B	B
バス (15人以下)	B	B	B	C	B	B
バス (15人より大)	C	B	C	C	B	B

(筆者まとめ)

A : 5ケース以上

B : 1-5ケース程度

C : (多分) なし

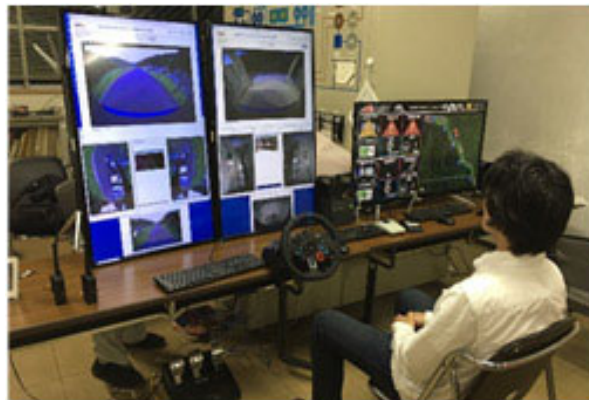
1. バス・タクシーでの自動運転車の実態
- 2. バス・タクシーでの自動運転車の運行管理**
3. 将来的な運行コストへ与える影響
4. 自動運転車の利用意向へ与える影響

本報告のまとめ・提言

自動運転車の運行管理

遠隔型自動運転システム

自動車から遠隔に存在する運転者が電気通信技術を利用して監視し、必要に応じその運転操作を行うことができるシステム（国交省）



遠隔監視・操作装置の配置例
(右：遠隔操作モニター)

- 遠隔ドライバー：1名が遠隔監視・操作装置、メインコントローラ前に着座し、常時2台の状況を遠隔監視
- 遠隔ドライバーは、通常、停留所での乗降確認と発進確認ボタン操作のみ


1 : 2
(遠隔ドライバー
1名が2台の車両
を運用)



出典：産総研 (https://www.aist.go.jp/aist_j/news/au20181114.html)

1名対2台が日本での実験の最新状況（産総研が2018年11月に実施）

自動運転車の運行管理

自動運転車の安全技術ガイドライン（2018年9月策定）

無人自動運転移動サービス（レベル4）に用いられる車両の安全性

- 設定された ODD * の範囲外となった場合や自動運転車に障害が発生した場合等、自動運転の継続が困難であるとシステムが判断した場合において、路肩等の安全な場所に車両を自動で移し停止させる MRMを設定すること
- 運行管理センターから車室内の状況が監視できるカメラ、音声通信設備を設置すること
- 車室内の乗員が容易に押せる位置に非常停止ボタンを設置すること
- 非常停止時に、運行管理センター自動通報する機能を有すること
- 非常停止時における運行管理センターとの連絡状況等、非常時の対応状況についてHMIにより乗員にわかりやすく伝える機能を有すること

遠隔監視
システムで
対応

* 限定領域：地理的な領域に限らず、環境、交通状況、速度、時間的条件などを含む

自動運転車の運行管理

遠隔監視システムの開発例（国内、一例）

損保ジャパン日本興亜は遠隔監視
ビジネスモデルの構築を目指す（事
業者間で共有化の構想に対応）

通常時

写真

緊急時

写真

SBドライブは自動運転バスの遠隔監視
システムを構築

監視体制	遠隔監視員1人につき1画面のディスプレイで対応
通常時の対応	複数車両の運行状況を監視 (緊急時のイベントポップアップに備えてスタンバイ)
緊急時の対応	異常車両1台につき1人以上の監視員が担当
遠隔緊急停止操作	<ul style="list-style-type: none"> その場での即時停止 (立ち往生) 路肩の停車可能地点まで退避、2パターンを検討
乗客対応	<ul style="list-style-type: none"> 車内カメラモニター・スピーカーで接客対応
緊急車両発生 のピーク管理	将来は複数事業者における 共同運行管理の仕組みを想定
監視責任	通常時：車両を保有する事業者が負う 緊急時：車両を監視する事業者が負う
現場駆けつけ	<ul style="list-style-type: none"> 警察/救急/ロードサービス会社等と連携 (遠隔緊急停止後の再起動対応など)
震災等の対応	自治体および地域の避難ルールに準拠

出典：SBドライブ資料
(https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/4th_sangyokakumei_dai3/siryoku8.pdf)

出典：FNN (<https://www.fnn.jp/posts/00368191HDK>)

自動運転車の運行管理

遠隔監視システムの開発例（海外、一例）

- Phantom Auto、Scotty Labs（Google 系列）といった専門のスタートアップ企業による開発等
- **課題の一つは通信の遅延。** Phantom Auto は4G等の既存の通信回線でも利用可能なソフトウェアを開発。送信画像を選別し、通信容量を圧縮。5Gは必ずしも必要ないとのこと（あれば通信がより高品質化）
- ARK Investは**遠隔監視システムコストは3.4円/km程度（通信料・オペータ人件費込み。千台を一元管理と仮定）**になると予想。月単位で見るとタクシー1台1万円程度

Phantom Auto

写真

出典：ARK Invest (<https://ark-invest.com/research/remote-operator-autonomous>), Phantom Auto (<https://phantom.auto>), IEEE Spectrum (<https://spectrum.ieee.org/cars-that-think/transportation/self-driving/ces-2018-phantom-auto-demonstrates-first-remotecontrolled-car-on-public-roads>), TechCrunch (<https://techcrunch.com/2018/03/28/scotty-labs-raises-6-million-for-remote-controlled-autonomous-car-platform>)

自動運転車の運行管理

実用化のケース

- Waymoは一般向け自動運転サービス「Waymo One」を**2018年12月**に**アリゾナ州フェニックス市**で開始
- 乗り方はUber等と同じ。アプリで呼び出すと自動運転車が配車される
- **当面は車内乗務員を配置**。助手席に配置して開始したが、乗客の要望により運転席に配置へと変更（写真）
- **将来的には遠隔監視化・大規模化を視野に入れる**。すでに遠隔監視員90人の訓練済みとのこと

写真

写真

問題意識：自動運転車の運行管理手法の整理

乗務員による監視

- 各車両には乗客と乗務員（非ドライバー）が乗り、乗務員が直接目視で車両稼働と車両内外の状態を監視する
- 緊急時には、乗務員が車両を誘導して停止させる

人主体の遠隔監視

- 各車両には乗客のみが乗り、遠隔監視員が目視で車両稼働と車両内外の状態を監視する
- 緊急時には、遠隔監視員が車両を誘導して停止させる

システム主体の遠隔監視

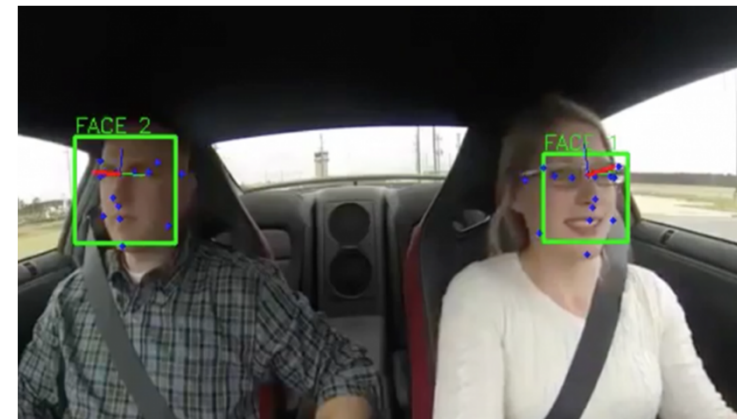
- 各車両には乗客のみが乗り、コンピュータシステム（AI等）が車両稼働と車両内外の状態を監視する
- このシステムが異常を検知すると、遠隔監視員が車両を誘導して停止させる

人主体の遠隔監視イメージ



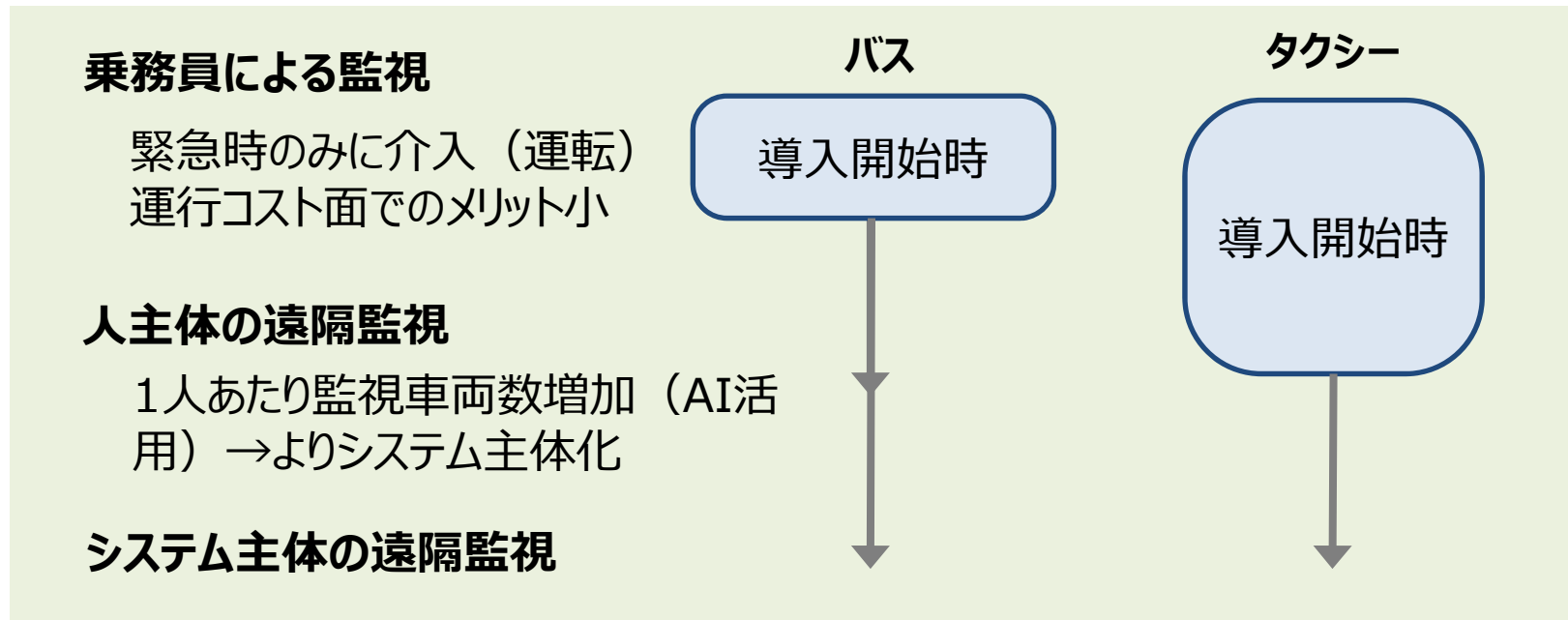
出典：株式会社ゆりかもめ
(<http://www.yurikamome.co.jp/mechanism/automatic>)

システム主体の遠隔監視イメージ



出典：エンライブ株式会社 (<http://enlive.co.jp/2017/02/13/自動車ドライバーのリアルタイム顔認識顔方向算>)

問題意識：自動運転車の運行管理手法の展開



運行管理問題

- 事業者では、運行管理は将来的な運行コストや事業採算性へ強い影響を与える（将来的な運行コストへ与える影響 →3章）
- 運行管理に関連した利用者意識の知見が不足 →4章

バス・タクシーの自動運転レベル →本章の補足



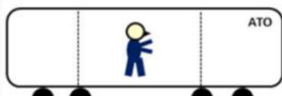


補足：バス・タクシーの自動運転レベル

- SAEレベルは技術や責任面等による分類。ドライバーの操作負荷・責任軽減を目的とし、主に自家用車への適用を想定
- バス・タクシーでは乗務形態も主要な問題となる。乗務員あり・なし、乗務員・遠隔監視員が運転あり・なし（さらに、二種免あり・なし）等
- 遠隔監視・操作者や乗務員等に課すべき義務についてさらに検討する必要（警察庁報告書*、2019年3月）

*警察庁「技術開発の方向性に即した自動運転の実現に向けた調査研究報告書（新技術・新サービス関係）」

補足：バス・タクシーの自動運転レベル

鉄道における自動運転レベル（乗務形態等による分類）

自動化レベル		乗務形態等
GoA0 目視列車運転 TOS	運転士（列車を運転する係員、要国家資格）が全面的に責任を負い、したがって、運転士の運転操作結果を監視・制御するために技術システムが要求されない列車運転。	 運転士（及び車掌）
GoA1 非自動列車運転 NTO	運転士が、先頭車両の運転台に乗務して、軌道を目視して危険状態において列車を停止させる列車運転。力行及び制動は、地上信号又は車内信号に従って、運転士が制御する。信号システムは、運転士の運転操作結果の監視を行う。	 運転士（列車起動、ドア扱い、緊急停止操作、避難誘導）
GoA2 半自動列車運転 STO	運輸係員（運輸に関する業務を行う係員又はこれに相当する係員）が、先頭車両の運転台に乗務して、軌道を目視して危険状態の場合に列車を停止させる列車運転。力行と制動は自動化され、速度は、システムによって連続的に監視・制御される。駅からの安全な列車出発は、列車に乗務している又は駅のプラットフォームで業務に従事している運輸係員の責任である。	 先頭車両の運転台以外に乗務する係員（避難誘導）
GoA3 添乗員付き自動列車運転 DTO	運輸係員が列車に添乗はするが、力行又は制動操作を行わず、かつ、列車の前方の軌道を目視して危険状態の場合に列車を停止させることにも責任を負わない列車運転。扉の閉鎖を含めて、駅からの安全な列車の出発は、運輸係員の任務とする場合と技術システムが責任を担う場合とがある。	 係員の乗務無し
GoA4 自動列車運転 UTO	運輸係員が乗務しない列車運転（全ての機能について技術システムが責任を負う。）。	

→目視運転

何らかの自動
運転＋乗務
員あり乗務員に求め
られる能力・資
格によって多
様なパターン→自動運転
（乗務員なし）

「鉄道における自動運転技術検討会」資料（国交省）

今後、バス・タクシーの自動運転レベルが必要

1. バス・タクシーでの自動運転車の実態
2. バス・タクシーでの自動運転車の運行管理

3. 将来的な運行コストへ与える影響

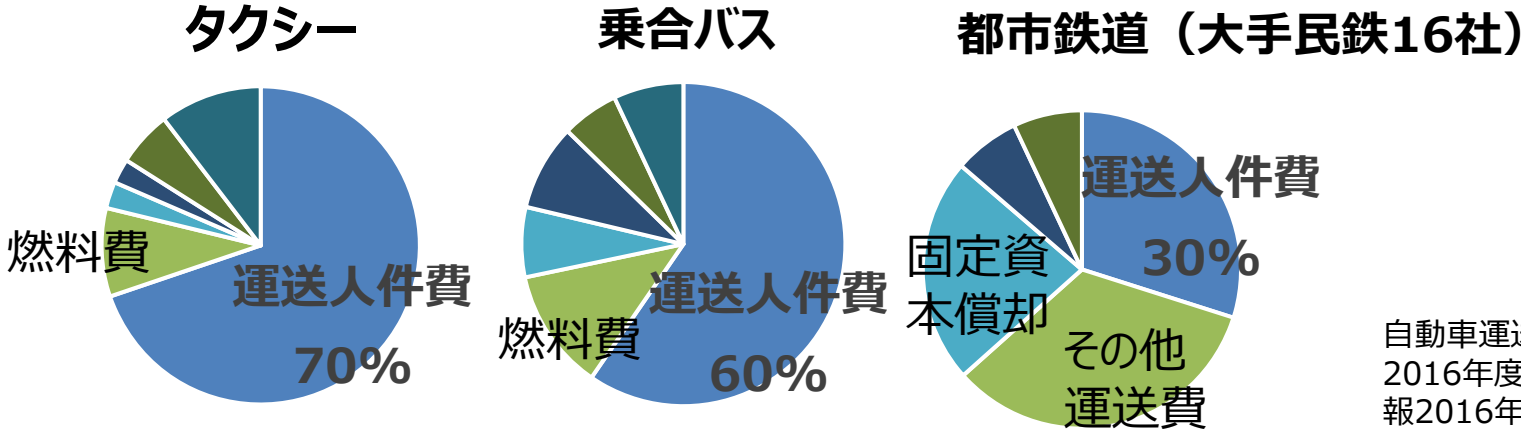
バス・タクシーでの自動運転車の運行管理が
将来的な運行コストへ与える影響
を明らかにする

4. 自動運転車の利用意向へ与える影響

本報告のまとめ・提言

将来的な運行コストへ与える影響

現状の営業費の構成 (2014年度、全国)



バス・タクシーで自動運転車は、現状は実証実験・導入初期段階であるものの
将来的にどの程度の運行コストになるか？

3レベル

- 乗務員による監視
- 人主体の遠隔監視
- システム主体の遠隔監視

} 30%程度減の可能性*

} 算出対象

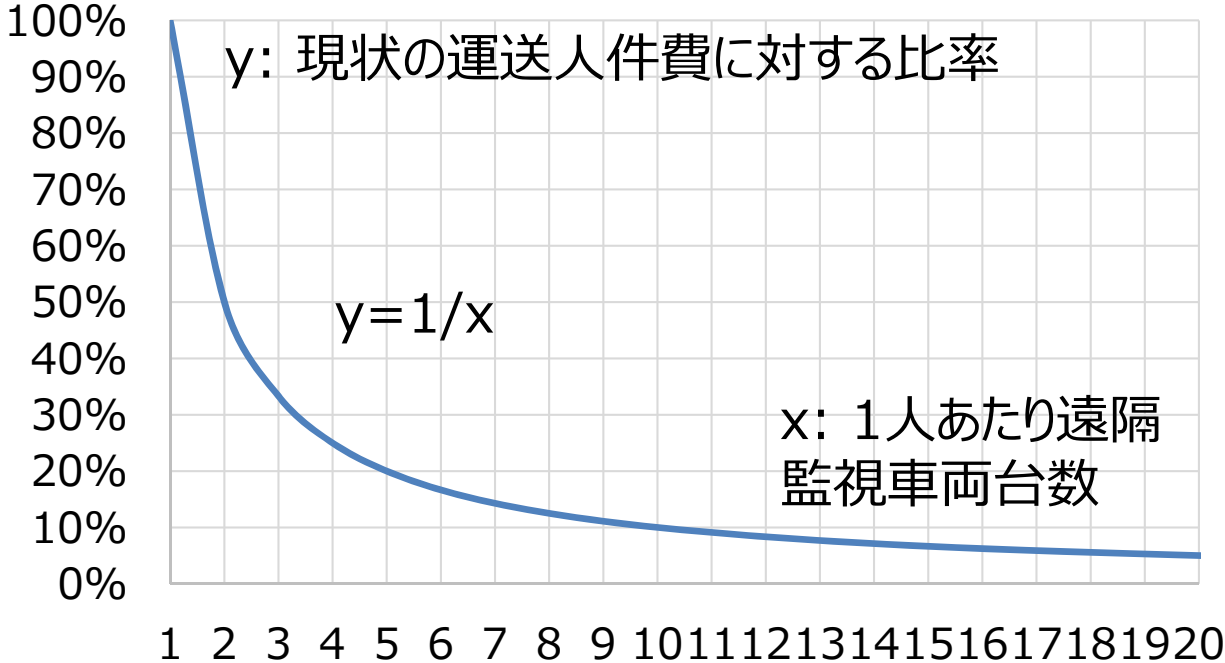
*当方による計算。ITS産業動向に関する調査研究報告書 (日本自動車研究所、2018) にも所収

仮定

代表的な運転者業務（現状の「運送人件費」に対応）

- 車両の運転・運行計画の実施 → ①運転人件費ゼロ、②自動運転システム追加
- 安全確保・監視 → ③遠隔監視システム追加、①遠隔監視人件費追加
- 乗客対応 → 一般に自動運転ビジネスモデルでは2点目に含まれる

①運送（運転・監視）人件費減少：高感度



②自動運転システム追加

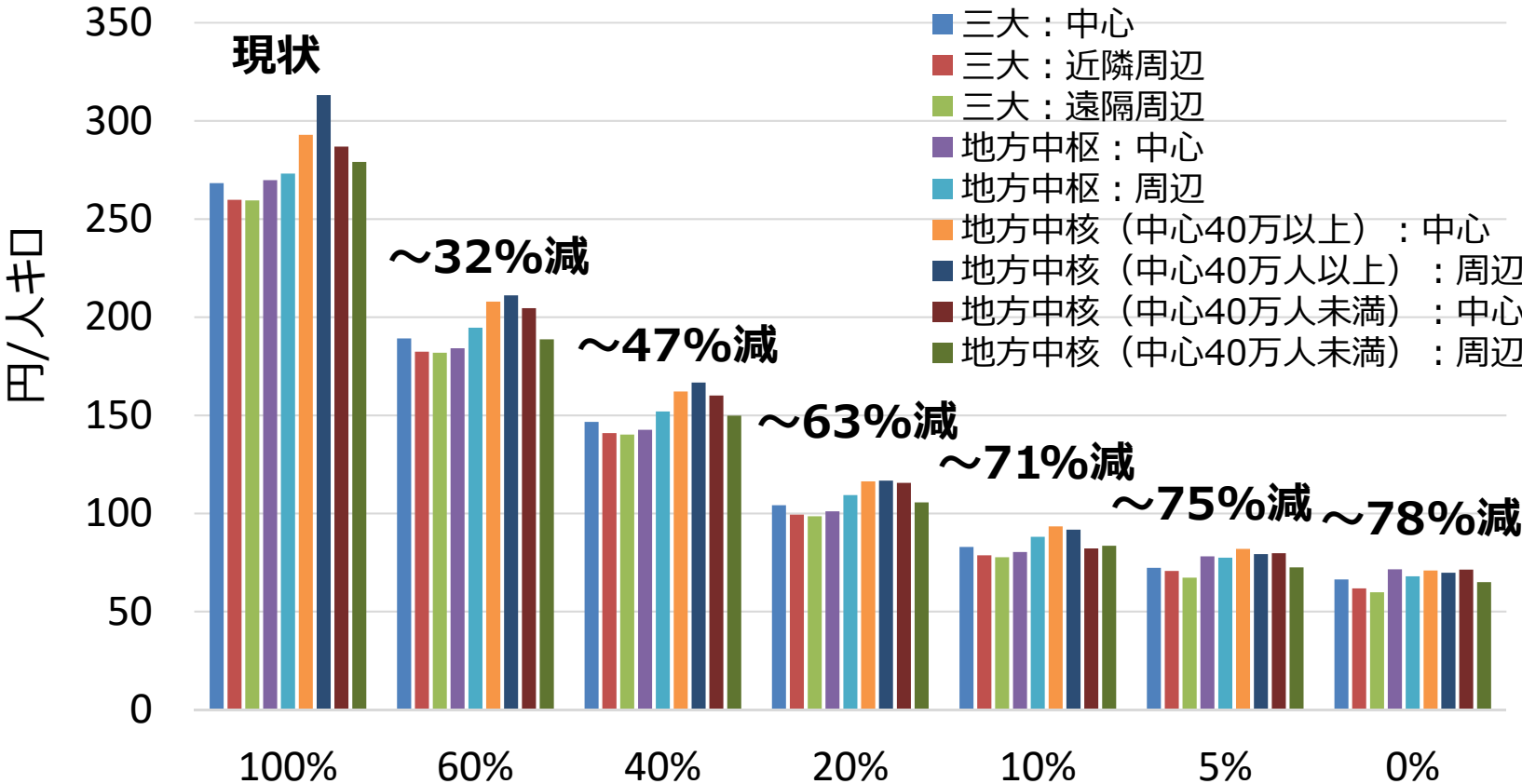
レベル4・5追加費用
 \$10,000 (Boston Consulting Group, 2015; IHS Automotive, 2014; Stephens et al., 2016)

③遠隔監視システム追加

3.4円/km（通信料・監視人件費込み、千台を管理）
 (ARK Invest, 2018)
 =これは最終形態とし、監視人件費は別計上

タクシーの運行コストへ与える影響

仮定①～③ + 運行パターン等は対象都市における現状の値 を適用

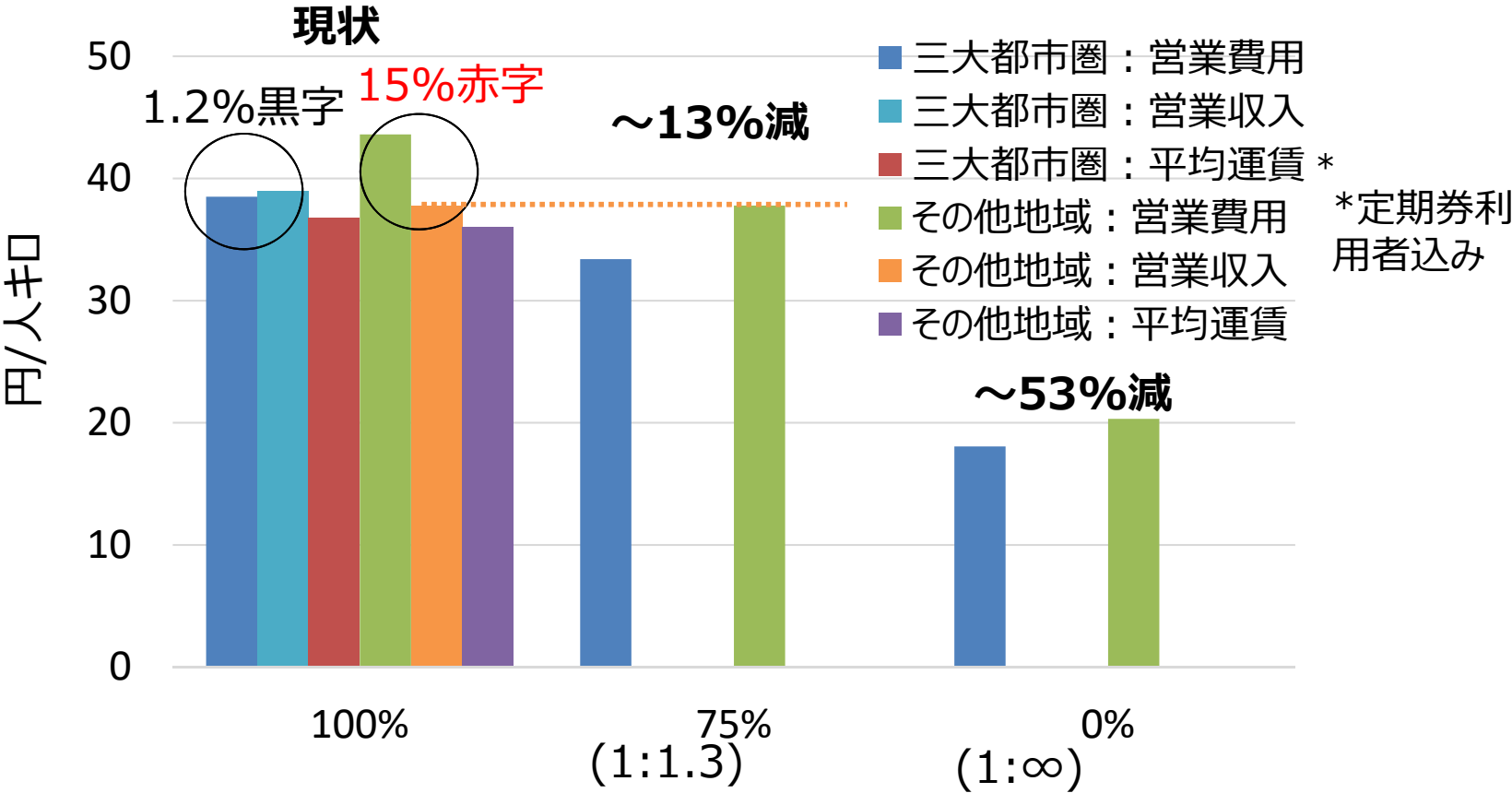


現状の運送人件費に対する比率（1人あたり監視車両台数）

人主体の遠隔監視でも既存業界から見ると多大な影響

バスの運行コストへ与える影響

仮定① + 対象都市圏における現状の値 を適用



現状の運送人件費に対する比率 (1人あたり監視車両台数)

その他地域において、1人対1.3台 (3人で4台) 程度の運用で (現状の需要規模のもと) 営業収支均衡の可能性

3章のまとめ

バス・タクシーでの運行管理が将来的な運行コストへ与える影響

- タクシー：最終的に78%の運行コスト削減。削減率に地域間で大きな差はなし
- バス：最終的に53%の運行コスト削減。地方都市圏・町村部で、1人対1.3台（3人で4台）程度の運用で（現在の需要規模のもとで）営業収支均衡の可能性
- 1人対1.x台程度の遠隔監視でも既存業界から見ると多大な影響（システム主体の遠隔監視は当面必要ない）

1. バス・タクシーでの自動運転車の実態
2. バス・タクシーでの自動運転車の運行管理
3. 将来的な運行コストへ与える影響
- 4. 自動運転車の利用意向へ与える影響**

バス・タクシーでの自動運転車の運行管理が
自動運転車の利用意向へ与える影響
を明らかにする

本報告のまとめ・提言

調査手法の検討：主なバイアスと対策

- **自己選択バイアス**：実験参加者への調査ではなく、**一般の人を対象したアンケート調査**を行う（自動運転に関心のない人も対象になる）→一方で、**仮想バイアスの影響が増す**
- **仮想バイアス**：法制度整備の進展等を踏まえて、**2025年頃の自動運転の状況に関するより具体的な情報伝達**を行う

（SP設問による対策）

- **社会的望ましさに関するバイアス**：ある交通手段を利用したいかを直接聞くのではなく、各交通手段の属性（運賃、所要時間、…）を提示し、そのうち望ましい手段を選んでもらう（**SP設問**）
- **仮想バイアス**：最近行った特定の移動を想定してもらい、この移動において**仮想の交通手段があるとしたとき、どの手段が望ましいか**を選んでもらう（**直近トリップに基づくSP設問**）

本研究の調査では、一般の人を対象に、具体的な情報伝達の上、直近トリップに基づくSP設問を設定

既往研究：自動運転車の利用行動SP

SP設問で利用行動を尋ねているものを対象

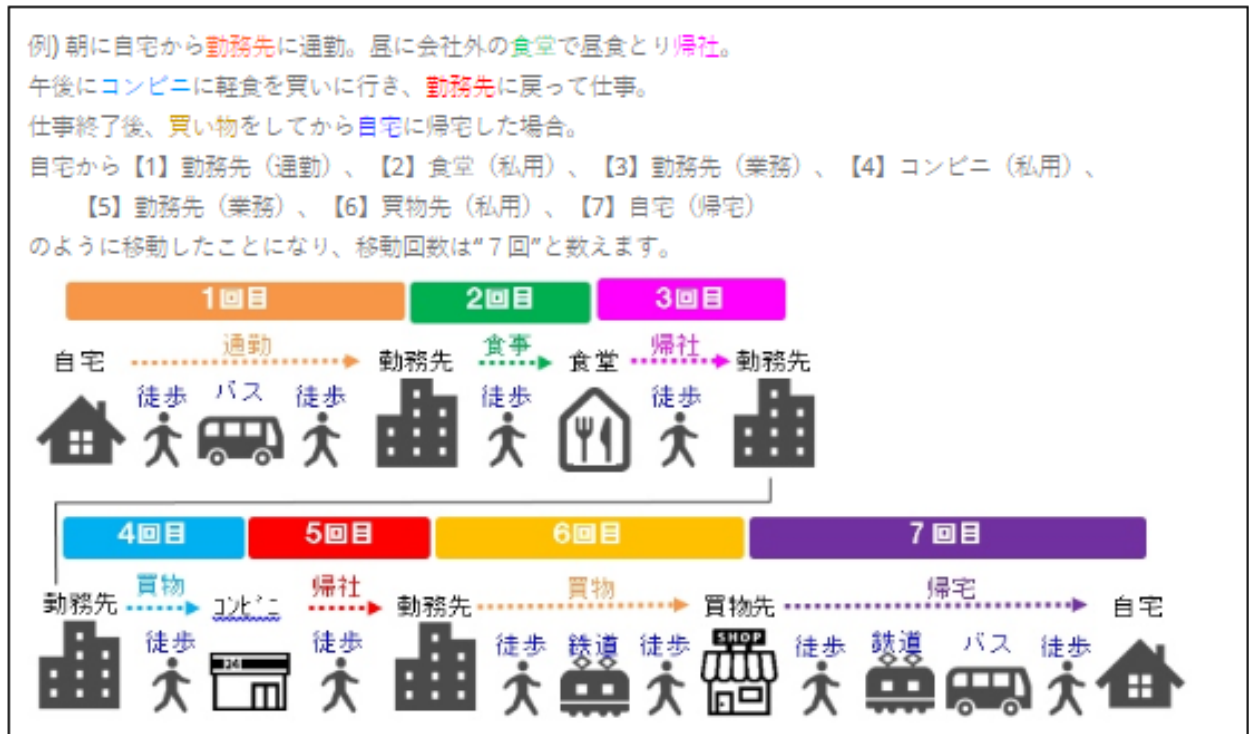
- Krueger et al. (2016)：オーストラリア435サンプル。SP調査で現状の交通手段と2タイプ（相乗りあり/なし）の自動運転シェアカー（SAV）の3選択肢を提示
- Yap et al. (2016)：オランダ1149サンプル。都市間移動における駅からのイグレス手段での利用を想定したSP調査
- Haboucha et al. (2017)：イスラエルと北アメリカの721サンプル。SP調査・通勤目的で通常の自家用車、自家用の自動運転車（PAV）、SAVの3選択肢を提示。公共交通利用は非考慮（現状の利用者少ない）
- Stek et al. (2018)：ドイツ172サンプル。SP調査で通勤目的を対象。回答前にSAV、PAVの利用イメージをビデオで見ってもらう。自家用車利用の時間価値は30%減で公共交通と同じになる、SAV利用の時間価値も公共交通と同じと推定
- Almeida et al. (2019)：オランダ500サンプル。SP調査で仕事と余暇目的でのPAV利用の時間価値を分析。自家用車利用の時間価値は仕事目的のみ26%減。

本研究は、運行管理に着目し、自動運転車の利用行動との関係进行分析

調査票の設計 (1/6)

直近トリップ

1. トリップの定義を明示
2. 直近に移動した日の全トリップに関して、トリップ目的等を聞く
3. 全トリップ中から、（調査システム側で）ランダムに1トリップを抽出。これをSP設問で比較対象トリップとする
4. 比較対象トリップの詳細（乗車時間、待ち・乗り換え時間、運賃・料金、出発地・目的地、移動距離等）を聞く



- 移動距離については Google mapで最短距離を計測してもらう

調査票の設計 (2/6)

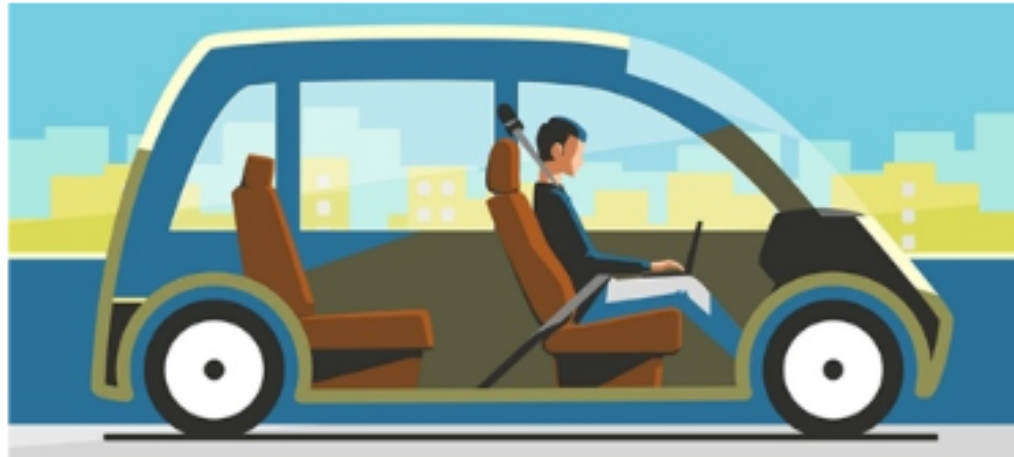
自動運転車 利用SP

- 技術の説明
- 2025年頃の
自家用車で
の自動運転
車の状況に
関する説明

自家用車

- この頃までに「高度な自動運転技術」を持つ車の販売が始まると予想されています。
- この「高度な自動運転技術」を持つ車は、高速道路上のみで走行ができるようになることが予想されています。一方、一般道での走行は、まだ実用化されていないと予想されています。
- なお、「高度な自動運転技術」を持つ車は、自動運転車用の車両安全基準を満たしていることが義務づけられる見込みです。その際、セキュリティへの対策なども義務づけられる見込みです。

2025年頃の高速道路上での自動運転車（自家用車）のイメージ図



出典：Volkswagen (<http://tech.volkswagen.co.jp/autonomous-driving>)

調査票の設計 (3/6)

自動運転車 利用SP

- 2025年頃の
バス・タクシーで
の自動運転車
の状況に関する説明

- 先ほど運行管理3レベルの説明が続く

タクシー・バス

2025年頃までに「高度な自動運転技術」を持つタクシーやバスのサービスが一部の地域で始まると予想されています。こうしたサービスは、「自動運転タクシー」、「自動運転バス」と呼ばれます。

2018年8月の自動運転タクシーの実証実験の様子（安全のための補助ドライバー乗車）



出典：Nikkei Asian Review (<https://asia.nikkei.com/Business/Business-Trends/World-s-first-autonomous-taxi-starts-operating-in-Tokyo>)

「自動運転タクシー」、「自動運転バス」には、ドライバーは乗車しません。運行の安全性は下記のいずれかの方法で確保されることになると予想されています。

調査票の設計 (4/6)

単純設問： 一般的な利用意向 (抵抗感) を聞く

■2025年頃の自動運転の状況を想像しながら以下の質問にお答えください。

[必須]

Q3_1_1 以下の交通サービスを利用することに抵抗を感じますか。

※この設問は、それぞれ横方向（→）にお答えください。

		全く抵抗を感じない	ほとんど抵抗を感じない	やや抵抗を感じる	とても抵抗を感じる
乗務員が直接目視で監視を行う自動運転タクシー	→	●	●	●	●
乗務員が直接目視で監視を行う自動運転バス	→	●	●	●	●
遠隔監視員がモニターを通じて監視を行う自動運転タクシー	→	●	●	●	●
遠隔監視員がモニターを通じて監視を行う自動運転バス	→	●	●	●	●
コンピュータシステムが自動監視を行う自動運転タクシー	→	●	●	●	●
コンピュータシステムが自動監視を行う自動運転バス	→	●	●	●	●

調査票の設計 (5/6)

SP設問：代表交通手段での利用意向を聞く

先ほどお答えいただいた1日の移動のうち、**[回答：HQ5]**回目に行った**[回答：HQ6]**目的での移動に対して、以下の2つの交通手段のいずれかが利用できると想定してください。

	選択肢1： [回答：Q2_3_3]	選択肢2：自動運転タクシー
運賃（1人あたり）	[回答：HQ_Q3_1_2A]	[回答：Q3_1_2_CALC2.t1] 円
乗車時間（移動時間）	[回答：Q2_3_5.c1] 分	[回答：Q3_1_2_CALC2.t2] 分
その他時間 （待ち時間、駅までのアクセス時間等）	[回答：HQ_Q3_1_2B]	[回答：Q3_1_2_CALC2.t3] 分
運行の安全確保の方法	—	[回答：Q3_1_2_CALC2.t4]

[必須]

Q3_1_2_2 あなたは、どちらの交通手段を利用したいと思いますか。

必ず1を選ぶ

どちらかという1を選ぶ

どちらかという2を選ぶ

必ず2を選ぶ

- 属性は運賃、乗車時間、待ち時間、安全性確保
- 選択肢1は直近トリップの値が入る
- 選択肢2の属性は個人ごとに作成
- 選択肢2の属性の水準を変え、1人3問答えてもらう

調査票の設計 (6/6)

SP設問における属性の設定

(水準の提示パターンは実験計画法により作成)

選択肢2：自動運転タクシー	
運賃 (1人あたり)	30% 50% 70% × タクシー現状の運賃 = 「直近トリップの距離」 × 「現状のタクシー1人1kmあたり運賃」
乗車時間	50% 70% 100% × タクシー現状の乗車時間 = 「直近トリップの距離」 ÷ 「現状のタクシー旅行速度」
その他時間 (待ち時間、 駅アクセス時間等)	2分 6分 10分
運行の安全確保の方法	乗務員が直接目視で監視 遠隔 監視員がモニターを通じて監視 コ ンピュータシステムによる自動監視

都市類型	運賃 (円/人km)	速度 (km/h)
三大：中心	267	21.8
三大：近隣周辺	264	21.9
三大：遠隔周辺	293	22.8
地方中枢：中心	289	22.7
地方中枢：周辺	274	22.8
地方中核1：中心	286	22.3
地方中核1：周辺	298	27.9
地方中核2：中心	274	23.7
地方中核2：周辺	251	27.3

都市類型別の
現状の運賃と旅行速度

調査の実施

バス・タクシー分野での自動運転車利用に関するwebアンケート調査を実施 (東工大・福田大輔先生と共同実施)

母集団：全国の都市圏居住者20～74歳。対象都市は下表のとおり

調査期間：2019年1月10日（木）～14日（月）実施。直近トリップが多様な移動に分散するように、平日配布と休日配布は半々に設定。この期間、都市部で大雪等はなく、天候の影響はなし

サンプル数：調査会社のモニタから、1962人の回答を回収

都市圏	都市類型	母集団 人口比	全国PT対象都市						
三大	中心	24.29%	さいたま市	千葉市	横浜市	川崎市	名古屋市	京都市	大阪市
			神戸市	東京23区					
	近隣周辺	21.26%	取手市	所沢市	松戸市	稲城市	堺市	豊中市	奈良市
	遠隔周辺	14.49%	青梅市	小田原市	岐阜市	豊橋市	春日井市	津島市	東海市
			四日市市	亀山市	近江八幡市	宇治市	泉佐野市	明石市	
地方中枢	中心	6.80%	札幌市	仙台市	広島市	北九州市	福岡市		
	周辺	3.35%	小樽市	千歳市	塩竈市	呉市	大竹市	太宰府市	
地方中核1	中心	8.17%	宇都宮市	金沢市	静岡市	松山市	熊本市	鹿児島市	
	周辺	4.65%	小矢部市	小松市	磐田市	総社市	諫早市	臼杵市	
地方中核2	中心	10.40%	弘前市	盛岡市	郡山市	松江市	徳島市	高知市	
	周辺	6.59%	高崎市	山梨市	海南市	安来市	南国市	浦添市	

調査の実施

調査項目

(1) 交通技術に対する認知、自動運転車に対する認知・乗車経験、配車サービスに対する認知・利用経験

(2) 直近トリップ

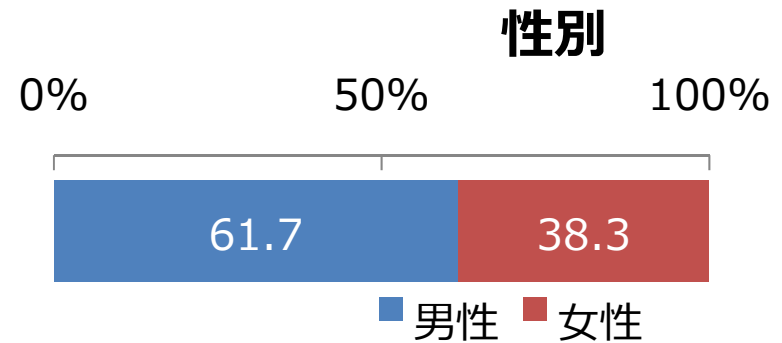
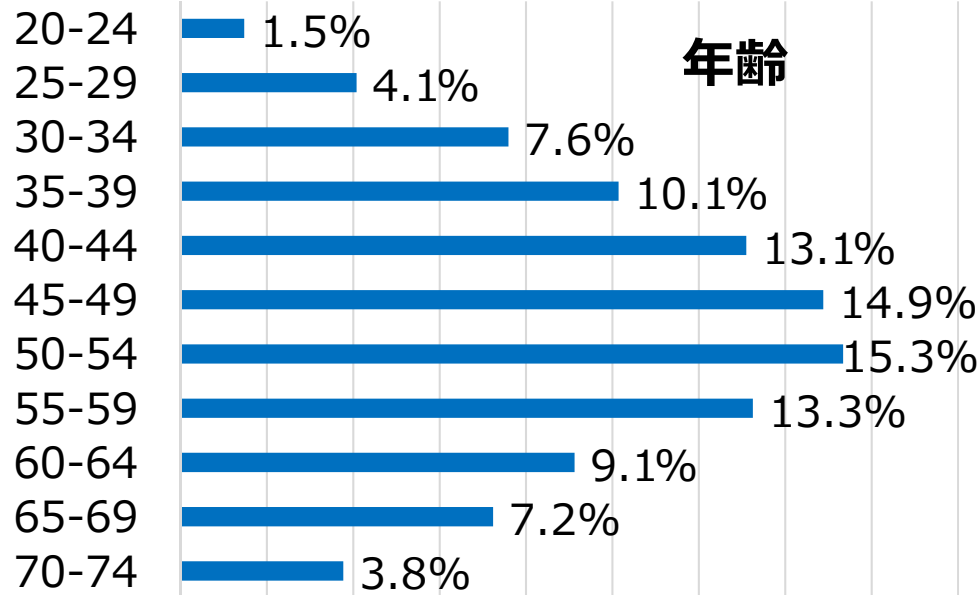
(3) 自動運転車利用 SP

(4) リスクや新しいものに対する態度

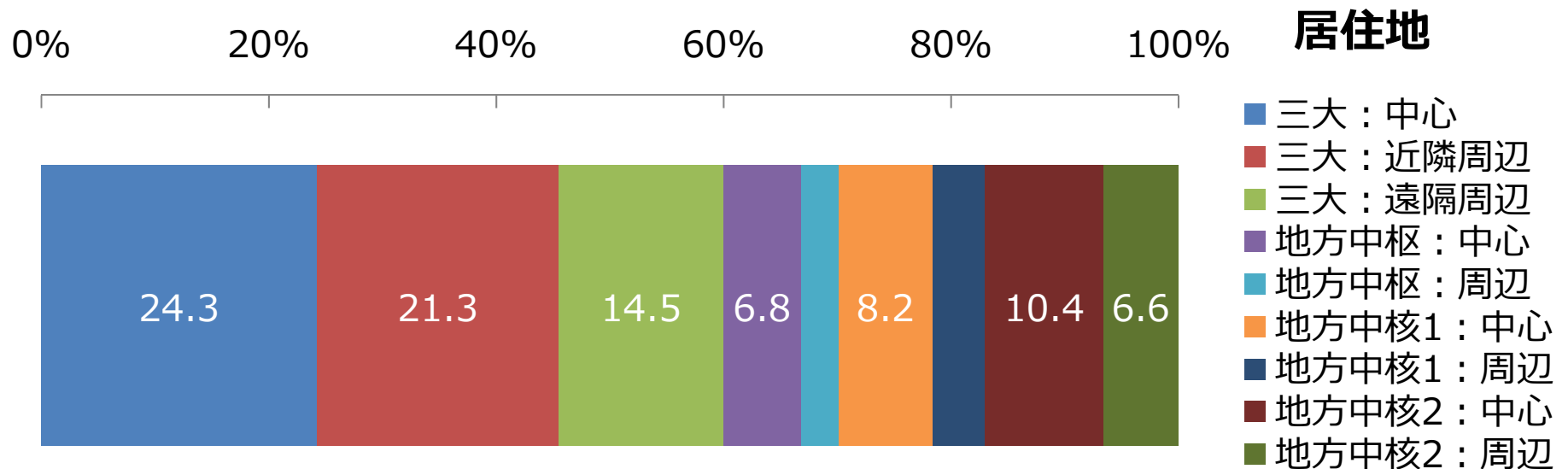
(5) 個人属性

} 先ほど作成の調査票を使う

基礎集計：個人属性 (n = 1,962)

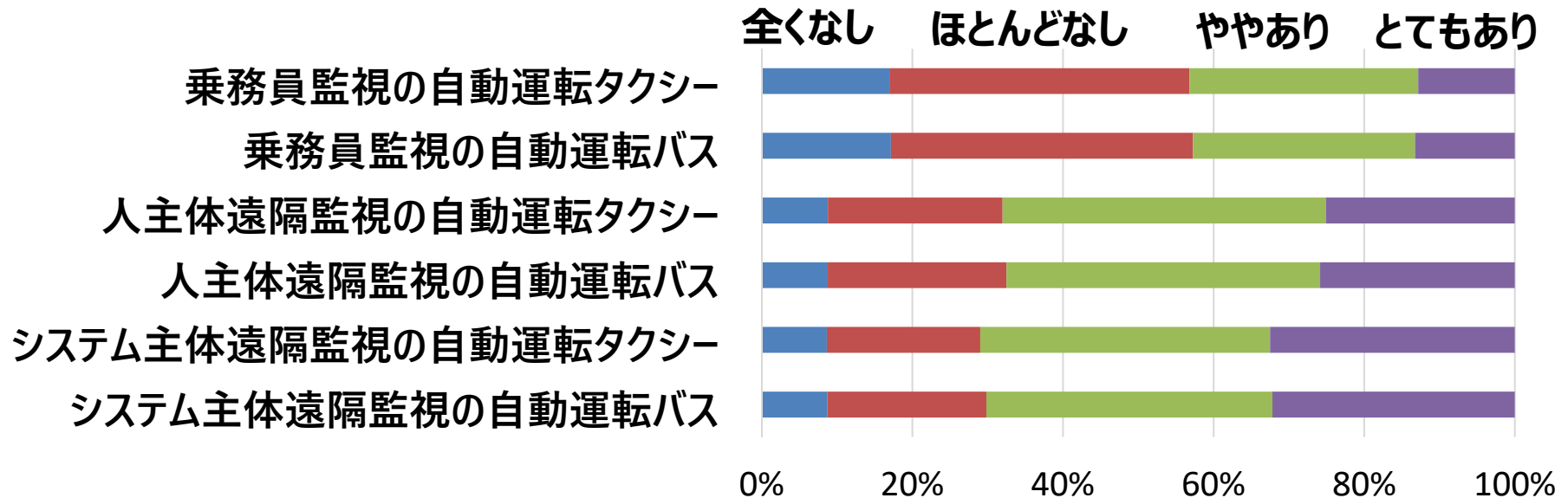


- 基礎集計の際は年齢・性別比を補正する
- 居住地は母集団分布を反映



基礎集計：運行管理と一般的な利用意向

以下の交通サービスを利用することに抵抗を感じますか？



全国の都市圏居住者20～74歳（年齢・性別比補正済み, n=1,962）

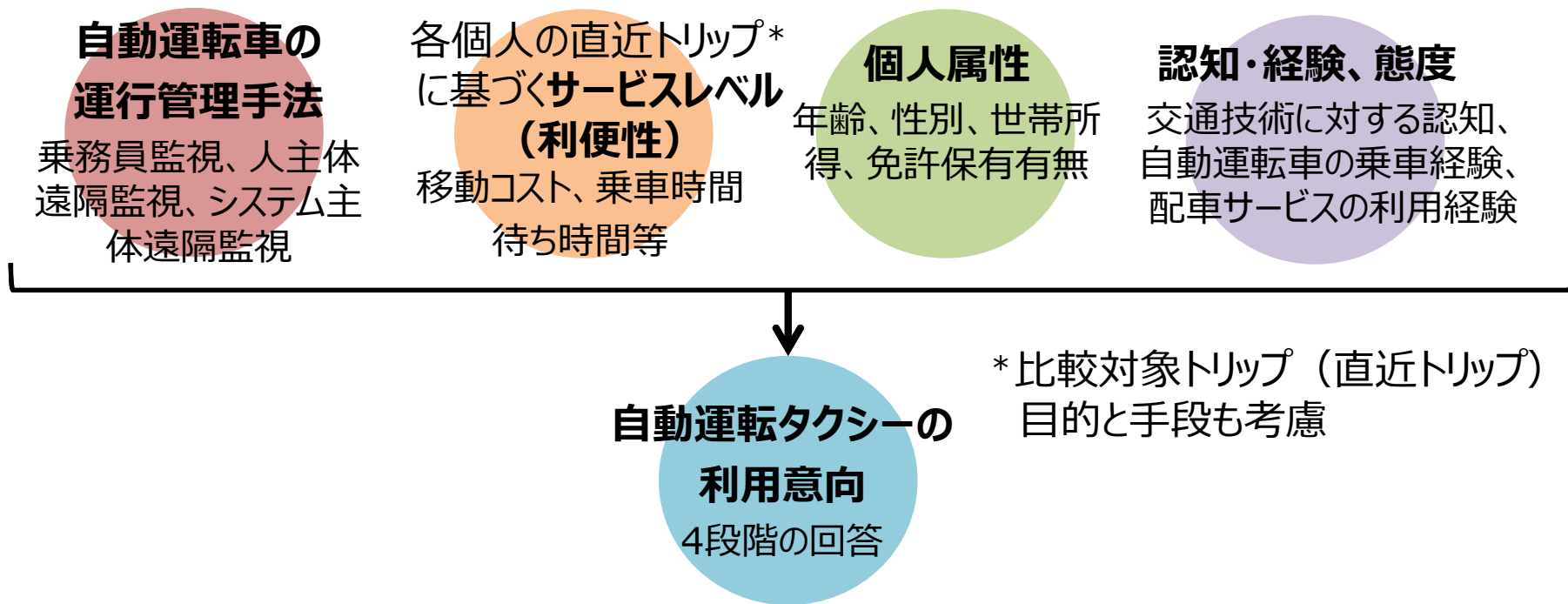
- ✓ 「乗務員監視」と「遠隔監視（人、システム主体）」への抵抗感には大きな差
- ✓ 「人主体の遠隔監視」に抵抗がない人は「システム主体の遠隔監視」にも抵抗がない傾向。「人主体の遠隔監視」にやや抵抗がある人は「システム主体の遠隔監視」には強く抵抗を感じようになる傾向

運行管理は一般的な利用意向に対して影響を与えうる

SP分析：モデル

利便性を考慮した場面で、運行管理は利用意向へ影響を与えるか？

SP設問の結果を利用

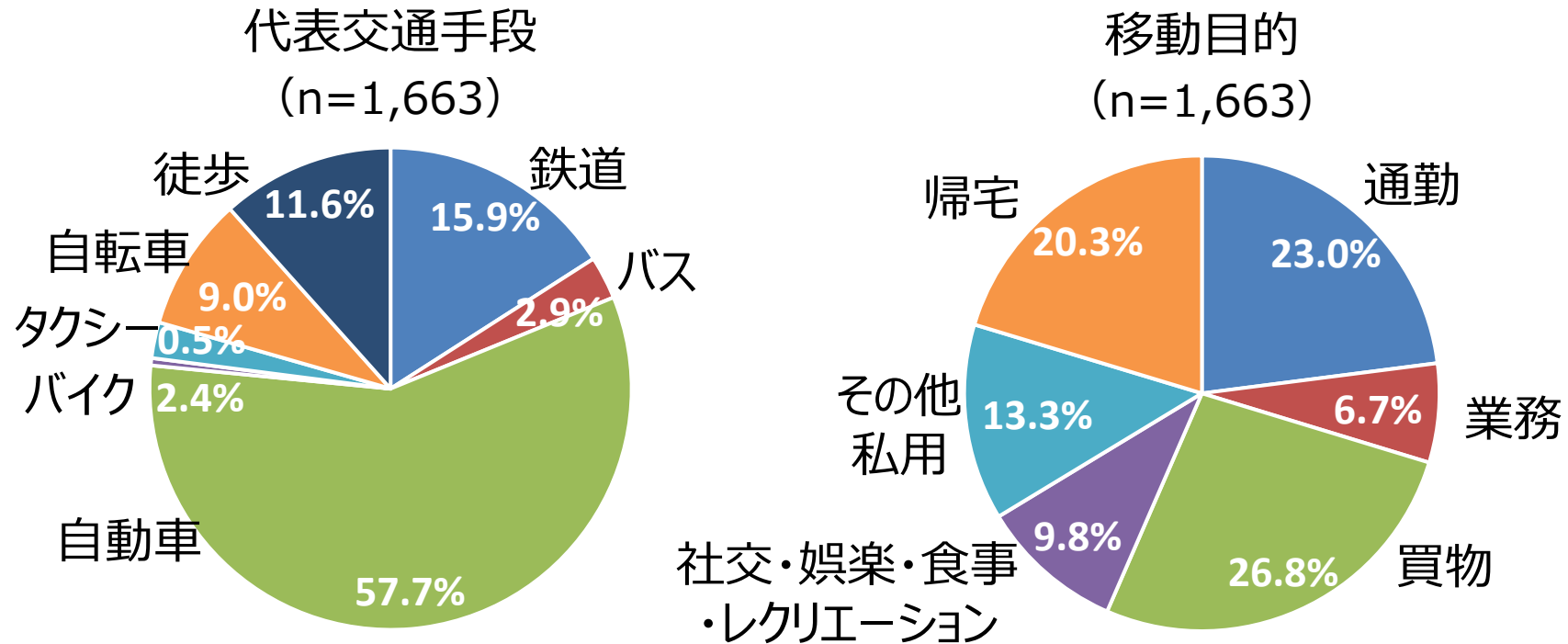


Panel Ordered Mixed Logitモデルを推定

- 個人の選好（特に時間価値）の異質性に関する分布を考慮したパラメータ推定
- 1人3問の回答しているため、個人ごとのパラメータは不変として推定（パネル化）

SP分析：直近トリップ

直近トリップのスクリーニングの結果、1,663人×SP3問=4,989 を分析対象



	平均	最小	最大
コスト* (円)	138.7	0	2,256
総所要時間 (分)	26.1	1	250
乗車時間 (分)	22.5	1	240
距離 (km)	9.4	0.1	50

*自家用車は135円/Lと20km/L = 6.75円/km (バイクは30km/L) を適用。鉄道で定期券利用の場合、割引率40%、バスは30%を適用

SP分析：モデル推定結果 (1/3)

自動運転タクシーの利用意向へ与える影響

説明変数	Panel Or-MXL	
	係数	t値
運行管理手法		
(ベース = 乗務員配置)		
人主体の遠隔監視	-0.10	(-0.9)
システム主体の遠隔監視	-0.11	(-1.0)
サービスレベル		
移動コスト (10 ⁻² 円) = A	-0.066	(-6.9) ^{***}
乗車時間 (10 ⁻¹ 分) = B	-0.129	(-1.9) [*]
係数の標準偏差	0.513	(6.4) ^{***}
待ち時間 (10 ⁻¹ 分) = C	-0.375	(-3.7) ^{***}
係数の標準偏差	0.766	(3.9) ^{***}
時間価値		
乗車時間 (円/分) = B/A	19.6	
待ち時間 (円/分) = C/A	56.8	
比較対象トリップの目的・手段	後述	
個人属性	後述	
認知・経験・態度	後述	
定数項	省略	
サンプル数	4,989	
修正済み決定係数	0.303	

**運行管理手法は負の影響
を与えるものの、いずれも
統計的に有意ではない**

**サービスレベルは強く有意な
影響を与える**

**時間価値 (1200円/時)
は概ね妥当な値**

**モデルのあてはまりは概ね妥
当な値**

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

SP分析：モデル推定結果 (2/3)

説明変数	Panel Or-MXL	
	係数	t値
比較対象トリップの目的・手段		
(ベース = 帰宅)		
目的_通勤	0.05	(0.1)
目的_業務	0.42	(0.6)
目的_買物	0.17	(0.5)
目的_社交等	-0.19	(-0.4)
目的_その他私用	0.10	(0.3)
(ベース = 鉄道)		
手段_バス	1.81	(3.4)***
手段_車	-0.07	(-0.2)
手段_タクシー	2.80	(3.4)***
手段_バイク	-1.82	(-2.3)**
手段_自転車	-0.86	(-1.5)
手段_徒歩	-0.72	(-1.5)

移動目的は利用意向に有意な影響を与えない

自動運転車への転換しやすさ（代表交通手段）：バス・タクシー > 鉄道・車 > 自転車・徒歩 > バイク

バス、自転車、徒歩は駅アクセス手段だと違う傾向がある可能性→今後、駅アクセスでのSP分析も行う（調査は併せて実施済み）

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

SP分析：モデル推定結果 (3/3)

説明変数	Panel Or-MXL	
	係数	t値
個人属性		
年齢_25-34	-0.28	(-0.2)
年齢_35-44	-0.72	(-0.6)
年齢_45-54	-0.77	(-0.6)
年齢_55-64	-0.93	(-0.7)
年齢_65-74	-0.94	(-0.7)
女性	-0.35	(-1.2)
世帯収入_200-400	0.55	(1.3)
世帯収入_400-600	-0.01	(-0.0)
世帯収入_600-800	-0.11	(-0.3)
世帯収入_800-1000	0.47	(0.9)
世帯収入_1000-1200	0.35	(0.7)
世帯収入_>1200	0.53	(1.1)
運転免許保有	-0.50	(-1.2)
認知・経験・態度		
認知_交通技術_中	0.44	(1.8)*
認知_交通技術_高	-0.19	(-0.3)
経験_自動運転車乗車	0.48	(0.4)
経験_配車サービス利用	1.60	(4.2)***
態度_リスク回避性_中	-0.50	(-1.8)*
態度_リスク回避性_高	-0.43	(-1.4)
態度_新しいもの好き_中	-0.25	(-0.7)
態度_新しいもの好き_高	1.23	(-2.1)**

個人属性は有意な影響を与えない

**配車サービスの利用経験がある人の
利用意向が高い**

態度は有意な影響を与える

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

4章のまとめ

運行管理が自動運転車の利用意向へ与える影響

- (単純設問の結果) 乗務員監視から人主体遠隔監視への移行 (乗務員非配置化) は、一般的な利用意向を強く低下させる。さらに、システム主体遠隔監視への移行も同様の傾向あり
- (SP設問の結果) しかし、利便性 (移動コストや所要時間等) を考慮した場面では、運行管理は利用意向へ有意な影響を与えない

その他知見

- 移動目的は利用意向に影響を与えない
- 自動運転車への転換しやすさ (代表交通手段) : バス・タクシー > 鉄道・車 > 自転車・徒歩 > バイク
- 配車サービスの利用経験がある人の利用意向が高い
- 個人属性 (年齢、性別等) よりも、態度が利用意向へ影響
- 今後、駅アクセスでのSP分析結果も示す

4章のインプリケーション

本調査で実施のとおり、運行管理に関する情報提供をした上で

- 人が運行へ直接介在していること（乗務員配置）への一般的な信頼感は根強い
- しかし、実際の利用局面では、この影響は相対的に小さくなる。こちらがより現実的な利用者意識を表すと考えられる

→ 乗務員非配置化は（利用者意識面からは）進められる可能性

ただし、適切な情報提供が前提となる。例えば、自動運転バス・タクシーにおいても、人が運行に介在していることを利用者へ周知するような活動は有効と考えられる

今後の課題

- バスとタクシーの違いの掘り下げ
- 特定のグループ（特定の態度を持つ人等）に対しての運行管理の影響の検証

1. バス・タクシーでの自動運転車の実態
2. バス・タクシーでの自動運転車の運行管理
3. 将来的な運行コストへ与える影響
4. 自動運転車の利用意向へ与える影響

本報告のまとめ・提言

本報告のまとめ

バス・タクシーでの自動運転車の実態（1章）

- 運輸事業者が多数参画、バスへの高い関心といった我が国の特徴

バス・タクシーでの自動運転車の運行管理（2章）

- 概念的に、乗務員による監視、人主体の遠隔監視、システム主体の遠隔監視の3レベルに分類。今後、バス・タクシーの自動運転レベルが必要

運行管理が将来的な運行コストへ与える影響（3章）

- 1人对1.x台程度の遠隔監視でも既存業界から見ると多大な影響（システム主体の遠隔監視は当面必要ない）

運行管理が自動運転車の利用意向へ与える影響（4章）

- 乗務員非配置化は、一般的な利用意向を強く低下させる。しかし、利便性を考慮した場面では、運行管理は利用意向へ有意な影響を与えない
- 適切な情報提供のもとで、乗務員非配置化は利用者意識面からは進められる可能性

提言

運行コスト面＋利用者意識面 を踏まえた提言

システム主体遠隔監視は当面必要ないことから、乗務員監視もしくは人主体遠隔監視を進められるかが焦点。少なくとも利用者意識面では人主体遠隔監視は可能
＝1人対1.x台程度の遠隔監視を確実に実施し、既存のバス・タクシーを置き換えられるようなサービスレベルの実現をまずは目指すべき

さらなる提言

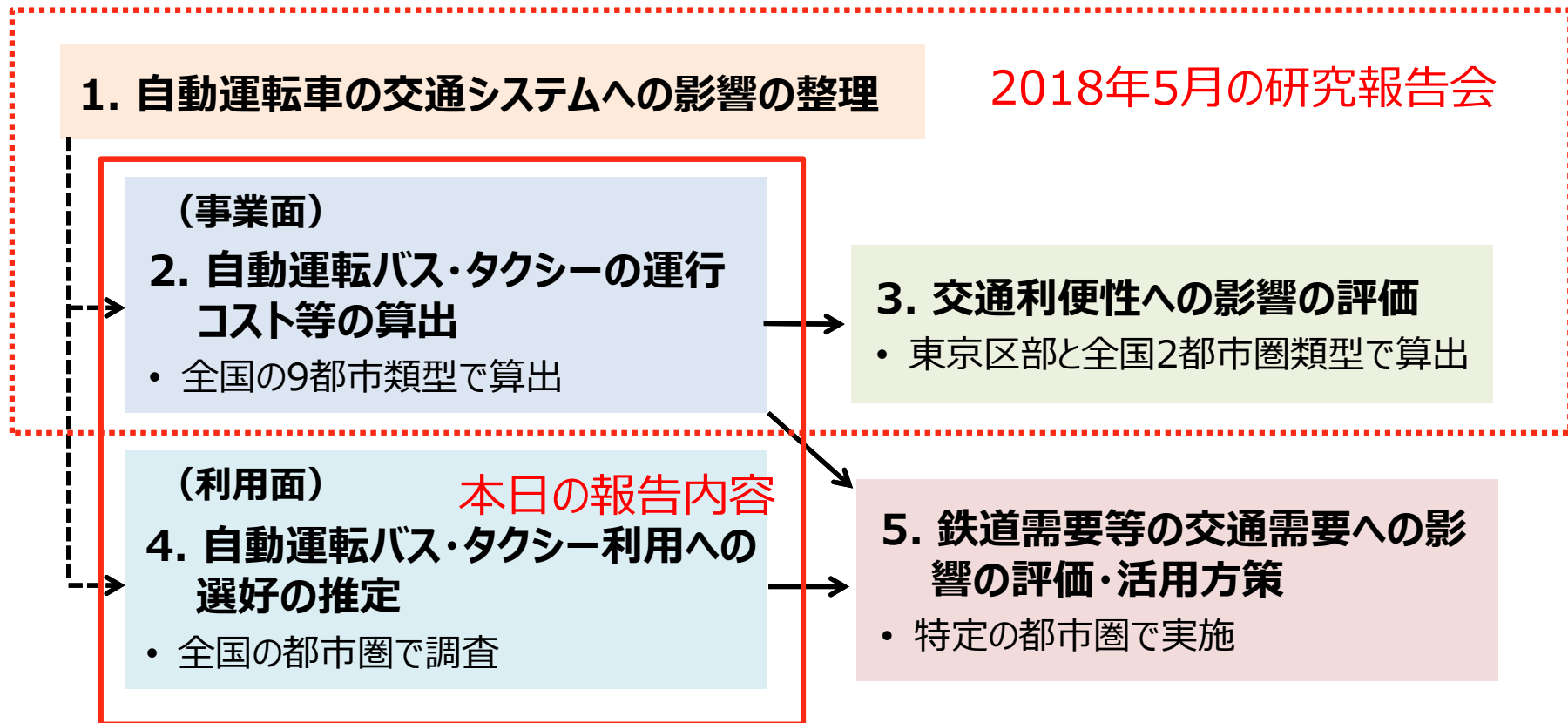
自動運転バス：海外勢の参入は少ないと予想される

自動運転タクシー：現状でアメリカと大きな差（1人対2台を海外企業が完成させたらどうなるか？）→海外勢の参入の可能性。自動運転タクシー時代に我が国から世界的企業が出てこない事態に

上記の目標と併せて、自動運転タクシー市場を活性化していくことも必要。資金力のある企業や企業間の提携による展開も含め、自動運転タクシーの実験等をより許容していくようなスタンスが必要

研究プロジェクト全体の目的・構成

自動運転車導入（特にバス・タクシーでの導入）が鉄道需要等の交通需要へ与える影響を理解し、今後の活用方策の検討を行う



ご清聴ありがとうございました



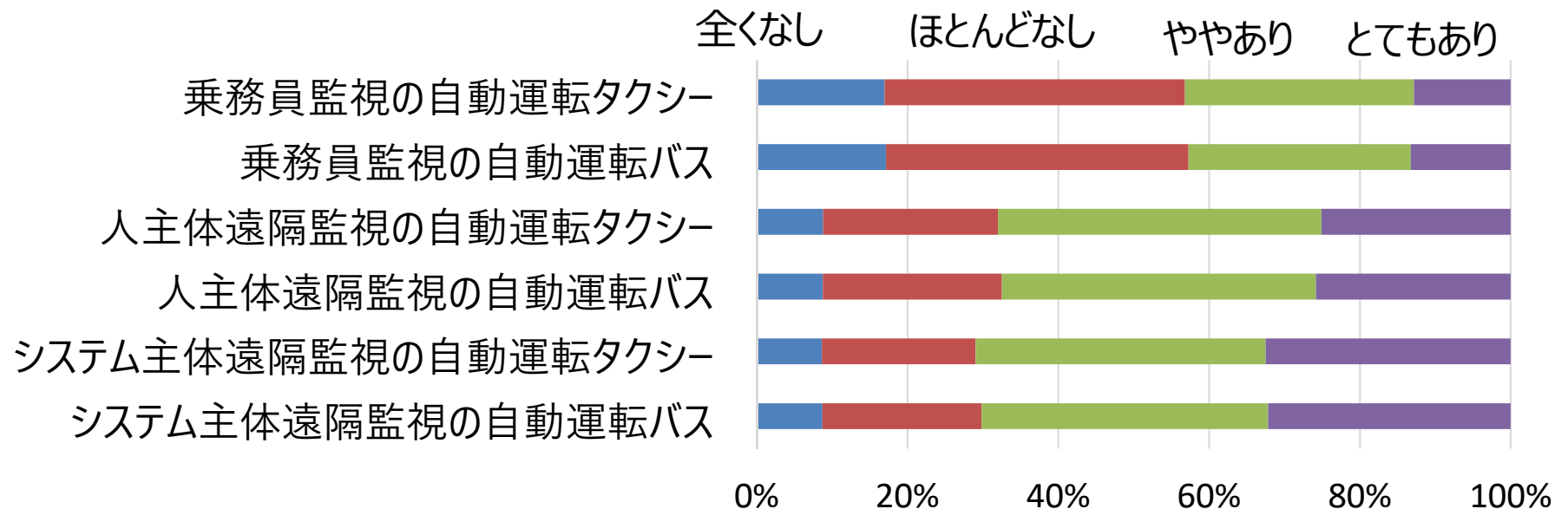
運輸総合研究所
研究員 安部遼祐

コメントへの返答 (1/3)

バスとタクシーへの抵抗感は同じ？

- 自動運転タクシーとバスに対する一般的な利用意向を確認し、両者には有意な差はなかった（下図）
- 今回の調査では、自動運転バスとタクシーの違いに関して詳細な情報提供をしていない →各個人が現状抱いているバスやタクシーのイメージで回答。つまり、新たな懸念材料を回答者は想像しきれていない
- 今後、バスとタクシーの違いに焦点を当てたさらなる検証が必要

以下の交通サービスを利用することに抵抗を感じますか？



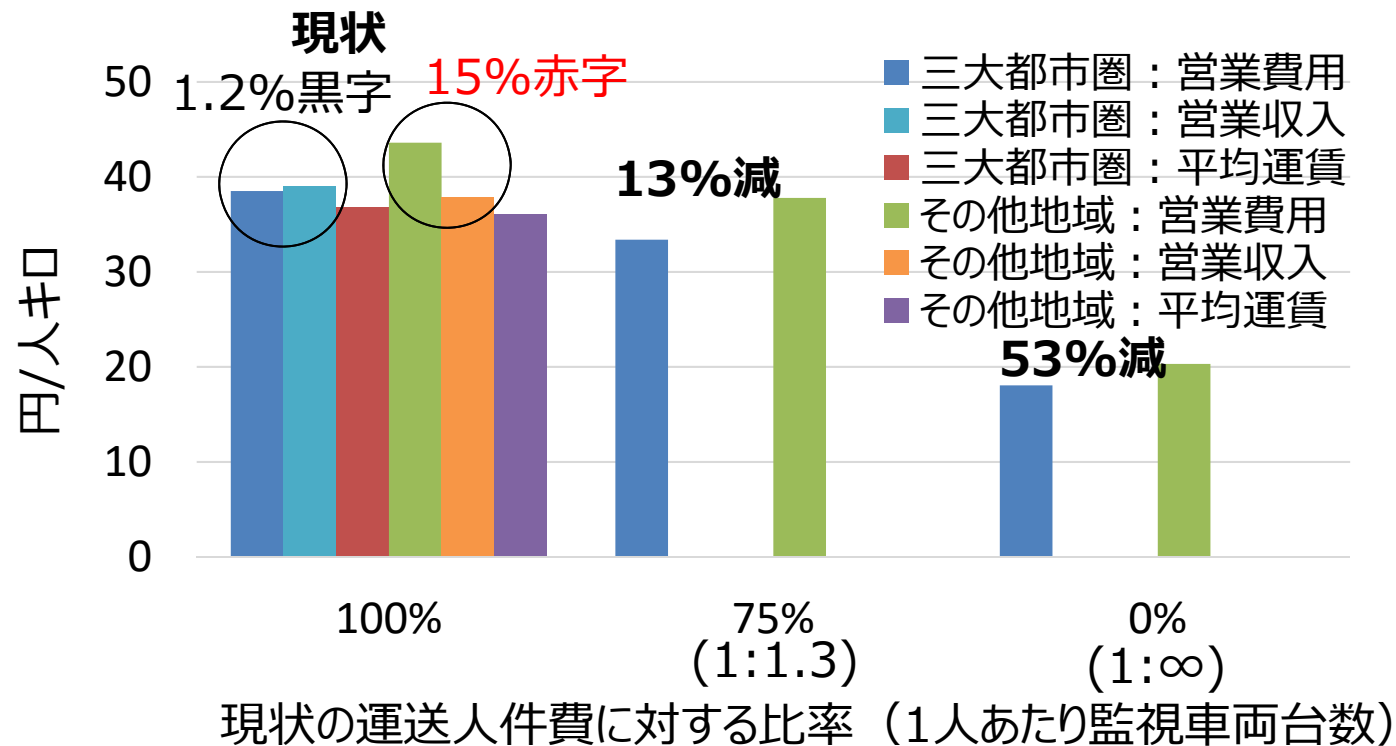
コメントへの返答 (2/3)

運行管理システムに要するコスト

事業収入でカバーできるか？（人件費削減分に本当に見合うのか？）

- 運行管理をより高度化することでカバーできる可能性はある（厳密にはバスにおける運行管理システムのコスト値が必要）

仮定①（運送人件費減少の仮定） + 対象都市圏における現状の値 を適用



コメントへの返答 (3/3)

運行管理システムに要するコスト

地域運輸連合が必要？

運行管理システムの運用にはより高度の公共性が求められる？

地域インフラとして公共がサポートすべき？

どのような人が管理？

- **さらなる検討が必要**
- まずは、事業化が可能な地域で、民間ベースで運行管理（監視）のビジネスモデルが確立していくと予想される
- 運行管理に関する従来型の側面（運行計画の策定等）は、これまでの地域公共交通での企業間連携や公的な支援・補助における理屈と同様の理屈が成り立つのではないか