運輸総合研究所研究報告会 2020年夏(第47回)

公共交通網までの 端末型自動運転サービスに関する需要分析 一需要特性および公共交通への影響—

Demand Analysis of First- and Last-mile Autonomous Vehicle Services:
User Preferences and Impacts on Public Transit Demand

2020年7月8日 一般財団法人運輸総合研究所 安部遼祐



研究の背景と目的

自動化・ロボット化と交通

- 大きな産業構造の変化が進む(e.g., Baldwin, 2019)
- 我が国では、今年度からの限定地域での無人自動運転サービス開始が掲げられる
- 海外では、米中で先進的な自動運転サービス開始が進む

駅やバス停までの端末型自動運転サービス

- 公共交通分野の政策課題への対応として、地域の移動手段の確保、郊外部での鉄 道需要の確保等に資する可能性
- 特に、既存バス等では対応できない「低廉でオンデマンド型のアクセス」実現の可能性
- しかし、需要面の可能性や政策課題への対応等について、知見がまだ大幅に不足



本研究は、端末型自動運転サービスの需要面を分析することで同サービスの活用可能性に関する基礎的な知見を得る

報告内容

自動運転サービスの動向

- 政策課題、代表的な効果、先進事例等
- 端末型自動運転サービス

端末型自動運転サービスに関する需要分析

- 分析手法、研究の新規性
- 分析1 受容性および需要特性の分析
- 分析2 公共交通需要への影響の推計(TOD型都市圏を対象に)

まとめ、今後の課題、政策シナリオ

報告内容

自動運転サービスの動向

- 政策課題、代表的な効果、先進事例等
- 端末型自動運転サービス

端末型自動運転サービスに関する需要分析

- 分析手法、研究の新規性
- 分析1 受容性および需要特性の分析
- 分析2 公共交通需要への影響の推計 (TOD型都市圏を対象に)

まとめ、今後の課題、政策シナリオ

自動運転レベル

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

自動運転サービス

- 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

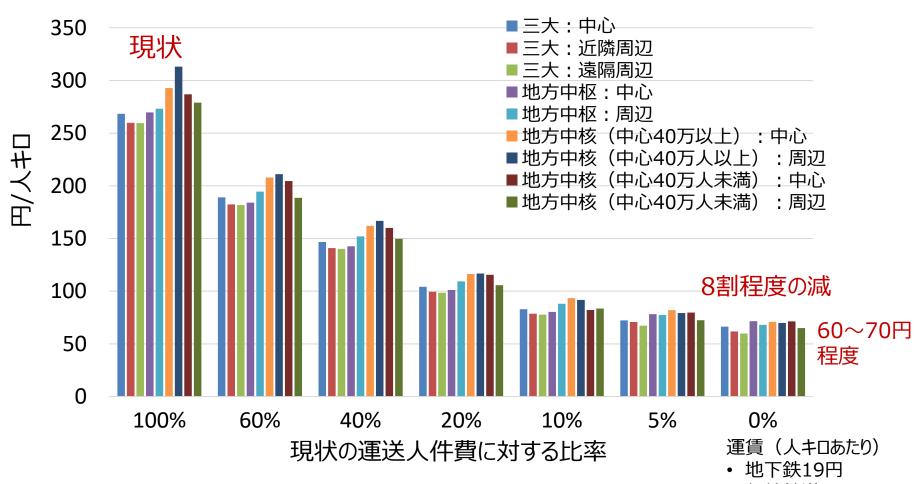
公共交通分野の政策課題への対応(一例)

- 地域公共交通の課題への対応 「地域の移動手段の確保」 「運営の効率化」、「運転者不足の解消」
 - 健全な地域公共交通網の維持
- 都市鉄道の課題への対応 「郊外部等での鉄道需要の確保・創造、健全な鉄道網の維持」 「(都市圏レベルでの)交通利便性の向上、都市の国際競争力の強化」

に資する可能性

自動運転サービス

自動運転がタクシーの運行コストに与える影響



多様なモビリティサービス成立の機運高まる

郊外鉄道12.7円

地域鉄道24.5円 行補助後)

自動運転サービス:先進事例

- Auto X: 上海市の5GベースV2Iインフラを活用し、100台規模の一般向けサービス開始を視野(2020年4月)。各種アプリから配車。アリババ等と連携。セーフティドライバ乗車(下記同)
- 滴滴出行 (Didi): 上海市で30台規模のサービス開始を視野(2020年5月)。SB出資
- 百度 (Baidu): 2020年4月から長沙市で一般 向けサービス開始
- 小馬智行 (Pony.ai): 2018年末から広州市で 中国初の一般向けサービス実験。トヨタ等出資
- Waymo (Google系): 2018年12月から一般 向けサービス開始。アプリから配車、料金は配車 サービスと同等(1.6ドル/キロ)
- セーフティドライバ乗車(少数向けには非乗車)
- FCAと6万台超の車両供給契約。日産等と連携
- 全米25都市の公道で2000万マイルの走行達成 (2020年1月)



(Auto X、上海)

一方で

- GM Cruise: 2019年中のサービス開始目標を延期。ホンダと連携、SB出資
- Argo AI: 2021年のサービス開始目標だったが、コロナ流行の業績への影響により22年に延期。Ford、VW出資

自動運転サービス:先進事例まとめ

タクシー・ライドヘイリング分野

- 広域オンデマンド・料金収受あり・セーフティドライバ配置。乗り方は通常の配車サービスと同じ
- Waymoが各種の蓄積が大きいと思われるが、中国系Auto X、Didi、Baidu、Pony.aiも積極的 に展開。Waymo、GM Cruise、Uber、Argo AIが大手4社と言われた
- 日系大手自動車メーカーやSB等は出資や提携する形で関与
- 大規模な運行管理センターの整備が進むが(Waymo、Auto X)、セーフティードライバ非配 置化(レベル4化)はこれからの課題

バス・シャトル分野

- 料金収受あり・セーフティドライバ (オペレータ) 配置
- 小型バス・シャトル(10人乗り未満)の車両メーカーは、仏Navya、仏EasyMile、米May Mobility、米Optimus Ride等。ハンドルなし、もしくはジョイスティック操作等の特注車両でデザイン性も売りにする。外資系が強い(EasyMile EZ10は26カ国230ヶ所で運行実績)
- 中・大型バスでは、既存バスに自動運転システムを搭載して販売するモデルが一般的。日本では、SB Driveや群馬大等。米国(政府系)、欧州、シンガポールでも多数の実験
- 公道でのセーフティードライバ非配置化(レベル4化)はこれからの課題

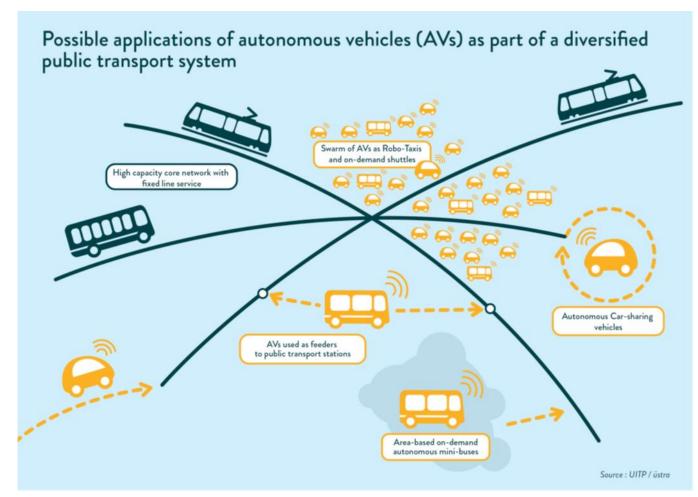
参考 運行形態

※事業者ヒアリング等に基づく

- 自動運転車では3次元地図が必要。運行区域の地図を事前に準備
- 非固定路線的サービスでも、乗降可能な場所を事前にある程度決める(ガードレールが ない場所、主要道路沿線など)

	オンデマンド型(非固定路線的) サービス	固定路線的サービス
車両サイズ	乗用車、超小型モビリティ	乗用車~バス車両
乗降地•路線	・例:みなとみらい・関内地区で 乗降可能な場所は15箇所・乗降地から、運行区域の道路を 使い、最適なルートを移動	・混在交通での想定が多い・ミニバン:現行、市街地で8~9割は介入なし自動運転が可能・専用の走行空間を作ることも可能
導入初期形態	特定のエリア内で多乗降地点	駅からのラストマイル、病院までのルー ト等の高需要路線
関連する課題	乗降地の設置は都市側との連携が必要(植栽のカット等)エリアを拡大すると地図作成のコスト大	車両の大型化に伴う各種ハンドリング 等

端末型自動運転サービス



自動運転サービスの様々 な活用方策

問題意識

- 公共交通分野の政策 課題への対応
- また、TOD型(公共交 通志向型)の都市圏 では、その強みをいかせ る活用ではないか

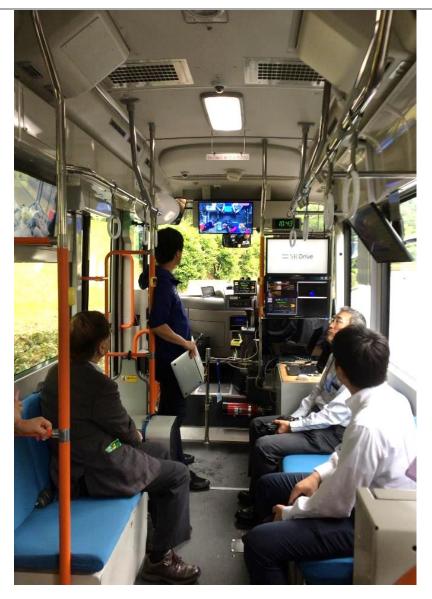


駅やバス停までの 端末型に着目

UITP (2017)

参考事例 (国内)





小田急・神奈川中央交通等。将来的な構想としてラストマイル問題解決

参考事例 (国内)

公共交通網との接続 (一例) ※東京圏を中心

- 日の丸交通・ZMP・東京都等:2020年1月に羽田や成田空港から都心までのリムジンバスとの接続として日本橋から丸の内まで自動運転タクシーの実験
- 群馬大・前橋市・関越交通等:2019年12月に大学キャンパスと渋川駅を結ぶ路線でも自動運転バスの実験。一部に磁気マーカーや信号からの情報を使うなどの路車間協調
- 埼玉高速鉄道・国際興業・群馬大・埼玉県等:2019年9月に浦和美園駅と周辺箇所を 結ぶ路線で自動運転バスの実験。36人の乗りバスを最速25キロ。熊谷ラグビー場周辺でも ワールドカップ期間中に運行
- 埼玉工業大学等:2019年8月に深谷市のキャンパスと最寄り駅を結ぶ路線での自動運転 バスの実験等
- ・ビコー・先進モビリティ・毛呂山町等:2020年11月以降、東武越生線武州長瀬駅から住宅街の目白台までの3キロで自動運転バスの運行。民間のバス事業者が撤退した路線ほか多数

都市部では、バス等は鉄道駅を経由することが多いので、多くの事例が該当するとも言える

参考事例(海外)

公共交通網との接続・統合(一例)

- シンガポール国立大学等: EasyMile社のシャトル を大学キャンパス内で平日20分間隔で運行 (2019年7月)
- "As a pioneer in autonomous vehicle technologies,
 EasyMile is proud to support its partners in testing the
 integration of our autonomous shuttle for public
 transportation."
 (AUVSI 2019/7/31)
- ロードアイランド州交通局等:プロビデンスでMay Mobility社のシャトルを8.5キロの循環路線(12停留所)で運行(2019年3月)
- This project will help RIDOT "better understand the opportunities and challenges that come with integrating this new technology into RIDOT's transportation planning" and "will help improve transit, and provide information for communities, the workforce, and policymakers." (AUVSI 2019/5/15)



(EasyMile、シンガポール国立大学)



(May Mobility、プロビデンス)

参考事例(海外)

- Local Motors等: サンフランシスコでフィーダー路線の 計画(2019年10月)
- To address the "first mile, last mile" challenge that commuters in the San Francisco Bay Area face every day, Local Motors, AAA Northern California and the Contra Costa Transportation Authority will test Local Motors' Olli autonomous shuttle to see if the vehicle is a possible solution to this problem. (AUVSI 2019/10/21)
- Brookfield Properties等: Optimus Ride社のシャトル をワシントンDC郊外にて運行。20年開業のシルバーラ インTown Center駅にも接続(2019年10月)

(AUVSI 2019/10/7)

- Navya等:リヨン市街地1.4キロの路線で通常運行。 時速13~15キロ(信号4ヶ所あり)、今後20~25キ 口を目指す(2019年11月)
- "In an effort to support the technological development of the public transport network in Lyon, France, Navya has launched two autonomous shuttles in the city that will be fully integrated into Lyon's public transport network over the next two years." (AUVSI 2019/11/18)

公共交通網との接続・統合を積極的に推進

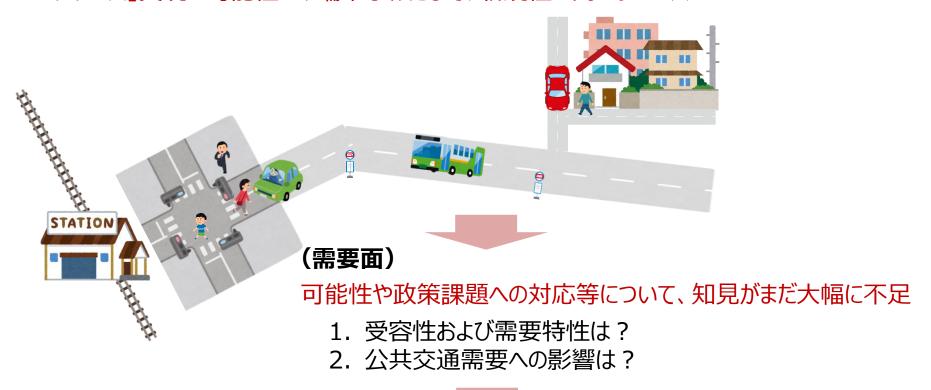
(Optimus Ride、レストノ) **Embarquez** © 2020 Ryosuke Abe, Japan Transport and Tourism Navya Institute)

(Local Motors)

端末型自動運転サービス:まとめ

(サービス提供面)

- 国内外で多数の構想や実験。既存のバス・タクシー等と同等の表定速度が目指される
- ・自動運転の代表的な効果を踏まえると、既存バス等では対応できない「低廉でオンデマンド型のアクセス」実現の可能性 →端末手段として、新規性の高いサービス



端末型自動運転サービス(オンデマンド型)の需要面を分析

報告内容

自動運転サービスの動向

- 政策課題、代表的な効果、先進事例等
- 端末型自動運転サービス

端末型自動運転サービスに関する需要分析

- 分析手法、研究の新規性
- 分析1 受容性および需要特性の分析
- 分析2 公共交通需要への影響の推計 (TOD型都市圏を対象に)

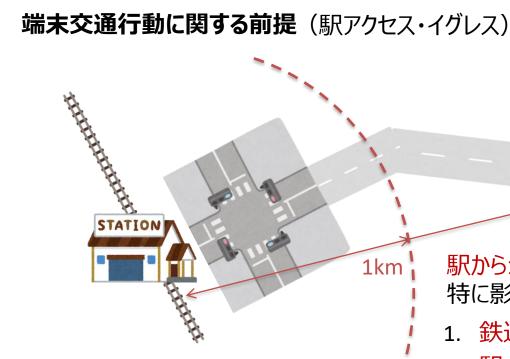
まとめ、今後の課題、政策シナリオ

自宅や

活動先

5km

分析手法



駅から1km未満発着での行動は大きく変わらないと想定

- 例えば、東京圏でこの範囲の端末手段は約8割が徒歩
- 徒歩圏の経験則は、駅は800m (1/2 mile)、バス停は400m (1/4 mile)程 (Chia et al., 2016)

駅から1km以上(~5km)発着での行動が特に影響を受けると想定

- 1. 鉄道利用者の端末手段の転換
- 駅へのアクセス性(駅端末利便性)の変化 →鉄道利用者の乗車駅・経路の転換、移動 する人全体の交通機関の転換(例車から 鉄道)→鉄道需要への影響

①このレンジでは、乗車駅・鉄道経路→アクセス手段の段階選択 (e.g., Chakour and Eluru, 2016)を仮定。②需要推計時に、乗車駅の選択確率の変化は考慮するが、乗車駅(鉄道経路)選択肢集合は現状の設定法を適用、また、自宅発着 (home-end)と活動先発着 (activity-end)の区別はしない。なお、同一endでのアクセスとイグレスは区別されないことが多い (e.g., Halldórsdóttir et al., 2017; Givoni and Rietveld, 2007)

分析手法

東京都市圏を対象

分析1 受容性および需要特性の分析

- 鉄道利用者に同サービスへの利用(転換) 意向を尋ねる
- 2019年1月にプレ調査
- 2020年2月に本調査(n=2300)

分析2 鉄道需要への影響の推計

- 調査結果を、交政審モデル中の「駅アクセス 交通機関選択モデル」で活用。同サービス 導入による駅端末利便性※の変化を推計 ※同モデルのログサム
- これに伴う (乗車駅・鉄道経路、交通機関 の転換による) 鉄道需要への影響を推計

交政審モデル

- 東京圏の鉄道需要推計で用いられる
- Trip-based、4段階推定の大規模モデル

将来人口の設定

発生・集中交通量の推計

基準年 = 2015年で 固定

分布交通量の推計

交通機関別交通量の推計

鉄道経路別交通量の推計

説明要因に駅端末 利便性

- →交通機関の転換 説明要因に駅端末 利便性
- →乗車駅・鉄道経 路の転換

© 2020 Ryosuke Abe, Japan Transport and Tourism Research Institute

研究の新規性

時間の都合上、既往研究の説明は省略します(内容は資料末尾に添付)

分析1 受容性および需要特性の分析

自動運転車の利用意向に関する選好意識 (SP)調査※を端末交通行動に適用

- ※より現実的な利用意向を把握するため、利用意向を直接聞くのではなく、各交通手段の属性 (費用、所要時間等)を提示し、望ましい手段を選んでもらう
- ✓ 日常的な交通における端末型自動運転サービスの(より現実的な)需要特性は 初めて知見

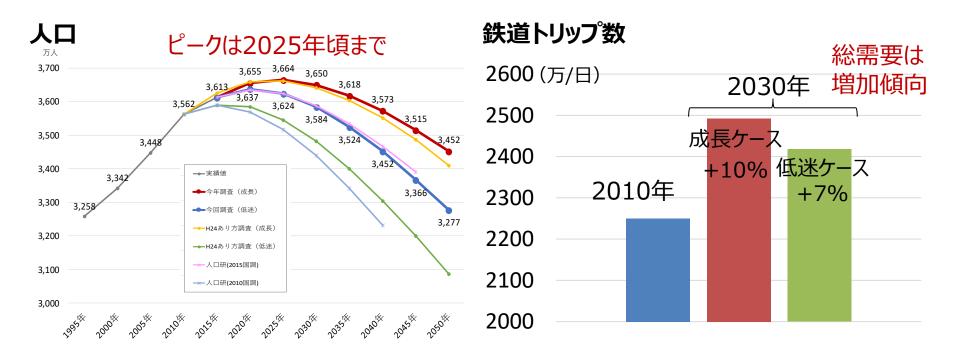
分析2 公共交通需要への影響の推計

SP調査の結果を大規模な交通需要推計モデルに統合し、端末型自動運転サービス 導入の公共交通需要への影響を推計

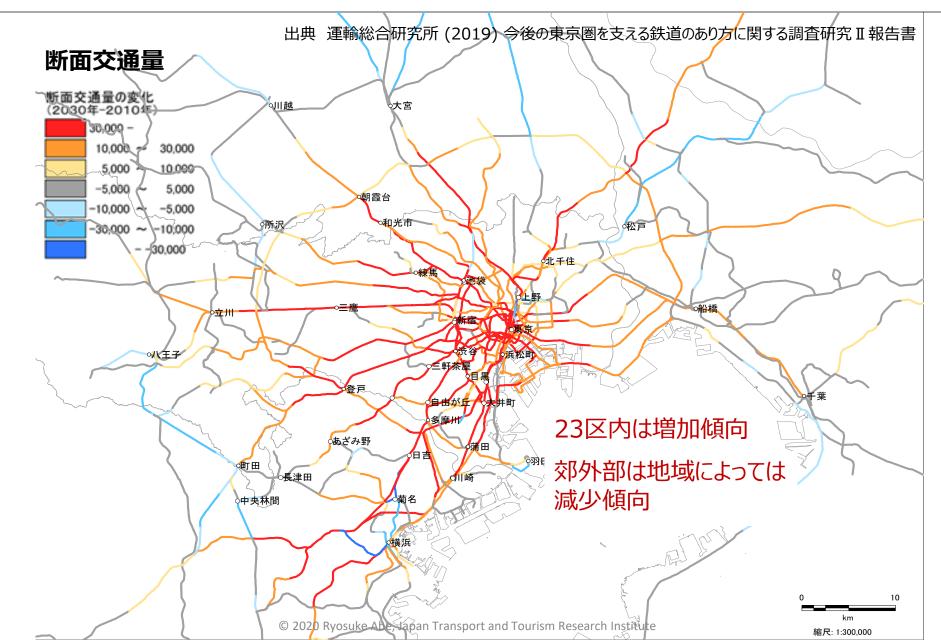
- ✓ 自動運転車導入の公共交通需要への詳細な影響は初めての知見
- ✓ 自動運転の分野で、SP調査の結果に基づく交通需要推計は初めての試み

参考 東京圏の鉄道需要の将来動向(2030年まで)

出典 運輸総合研究所 (2019) 今後の東京圏を支える鉄道のあり方に関する調査研究 Ⅱ報告書



参考 東京圏の鉄道需要の将来動向(2030年まで)



報告内容

自動運転サービスの動向

- 政策課題、代表的な効果、先進事例等
- 端末型自動運転サービス

端末型自動運転サービスに関する需要分析

- 分析手法、研究の新規性
- 分析1 受容性および需要特性の分析
- 分析2 公共交通需要への影響を推計(TOD型都市圏を対象に)

まとめ、今後の課題、政策シナリオ

調査の実施

端末型自動運転サービスの利用意向に関するウェブアンケート調査を実施

調査対象	東京都市圏(東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県南部) 居住者20~74歳(5歳区分・性別で割付) 自宅が最寄り駅から1~5kmにあり
調査時期	2020年2月20日(木)、21日(金)
サンプル数	調査会社のモニタから、2300人の回答を回収
調査項目	 (1) 新交通サービス等に対する認知度、利用・参加経験 (2) 普段の移動状況(1年を振り返って) (3) 「直近の自宅発・鉄道移動」の状況 (4) 自動運転の情報提供、利用意向(SP設問)、一般的な受容性 (5) リスクや新しいものに対する態度(1年を振り返って) (6) 世帯・個人属性 ※Q2で鉄道を「年に数回」以上利用とした人のみがQ3とQ4を回答

意向調査における仮想バイアスへの対策 (Ortúzar and Willumsen, 2011)

- ✓ 一般的な利用意向ではなく、より具体的な局面(端末型)での利用意向を尋ねる
- ✓ SP設問ではpivotデザインを適用。現状値 (reference alternative)との比較で選択。現在のSP (SC) の標準的な設計法であり、理論的に妥当性が高い(プロスペクト理論、フレーミング効果等) (Hensher and Rose, 2007; Rose et al., 2008)

調査票

(4) 自動運転の情報提供

4.自動運転車についてお尋ねします。

分かりやすさのため、「自動運転タクシー」の言葉で説明

まず、自動運転技術の説明をお読みください。

- ・現在でも、アダプティブクルーズコントロールなど、「**車の運転を支援する技**術」を持つ車が販売されています。ただし、**この技術では、ドライバーによるハンドル・アクセル・プレーキの操作は必要です**。
- ・近い将来、「高度な自動運転技術※」を持つ車が公道を走行できるようになると予想されています。これは、車に取り付けられたセンサー(レーダー、カメラ、GPS等)が周辺環境を認識し、車が自律的に走行する技術です。この技術では、自動運転システムが主として車を操作するため、乗車する人がハンドル・アクセル・ブレーキの操作をする必要がなくなります。

※米国自動車技術者会(SAE)の定義による「自動運転レベル4または5」を指します。

次に、2025年頃の自動運転車の状況の説明をお読みください。

自家用車

- ・2025年頃までに、一般向けに「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。
- ・2025年頃では、「高度な自動運転技術」を持つ自家用車は、高速道路上のみで走行でき、一般道での走行はまだでき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ます。その際、セキュリティへの対策など新たな安全性への対策も義務づけられます。

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)

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。
- 「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。運行の安全性は遠隔監視などの方法で確保されることになると予視されています。

2018年8月に東京で行われた自動運転タクシー実証実験の様子(安全のため補助ドライバー乗車)



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

遠隔監視のイメージ



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

調査票

(4) SP設問

個人ごとに、発地、発時間、駅までの距離に基づき属性値を算出

属性	現在の端末 手段	自動運転タクシー(低廉でオンデマンド型)
費用	xxx円	1人あたり[30% 50% 70%] × タクシー運賃 円 低廉
配車待ち時間	_	配車指示から到着まで [3 5 10](地域1)、[6 10 15](地域2)分
運行間隔	XXX	_
所要時間(駅の	xxx分	乗車時間 [70% 100% 130%] × 自動車乗車時間 分
改札口まで)		車を降りて改札口まで徒歩1分 オンデマンド
同乗者	_	自分や家族のみ 顔見知りの他人と同乗 全く知らない他人と同乗

ライドシェア

サービス提供面の根拠

費用: 既往文献 (Becker et al., 2020; Abe, 2019)に基づく。 負担者は基本的に現状に合わせる

所要時間:車でのドアツードアに基づく。乗り換え抵抗を明示

待ち時間:数値計算結果、端末型4~9分 (Scheltes, 2017)、一般型ピーク時3.5~5分 (Hörl et al., 2019)等

発地	運賃(円/人km)	発地	ピーク平均速度 (km/h)	オフピーク平均速 (km/h)	地域
東京都(区、武三)	312	東京都	20.4	21.3	1
東京都(その他)	282	神奈川県	22.1	22.6	1
神奈川県(その他)	279	埼玉県(東京駅30km圏内)	19.7	21.2	1
神奈川県(西部)	310	埼玉県(東京駅30km以上)	24.6	26.1	2
埼玉県	277	千葉県(東京駅30km圏内)	22.1	22.9	1
千葉県	268	千葉県(東京駅30km以上)	27.7	29.1	2
茨城県南部	259,	,茨城県南部 Lanan Transport and To	ourism Research Institute	32.1	2

調査票

(4) SP設問

先ほどお答えいただいた<u>ご自宅から最初に乗車した鉄道駅まで</u>の移動に対して、以下の2つの交通 手段どちらかが利用できると想定してください。

※自動運転タクシーの費用は、ご自身が払うと考えてください。

ご自宅から最初に乗車した鉄道駅 (北松戸駅)

PCとスマホの画面を作成

	選択肢1:自転車	選択肢2:自動運転タクシー	
費用	150円	1人あたり120円	
配車待ち時間	_	配車指示から到着まで3分	
運行間隔	バス等を使った場合、現状の運行間隔 を想像した上で答えてください	_	
所要時間	10分	乗車時間2.9分	
(自宅から駅の改札口まで)	10/3	車を降りて改札口まで徒歩 1分	
同乗者	_	自分や家族のみ	

[必須]

Q4 1 6 あなたは、どちらの交通手段を使いたいと思いますか?

自動運転タクシー側の属性値を 変え、1人6回答えてもらう

- 必ず1を選ぶ
- どちらかと言うと1を選ぶ
- どちらかと言うと2を選ぶ
- 必ず2を選ぶ

© 2020 Ryosuke Abe, Japan Transport and Tourism Research Institute

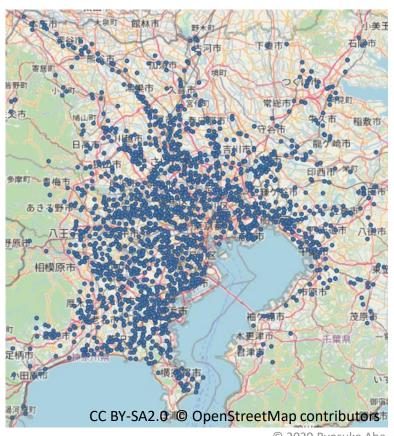
回答者の属性 (n=2300)

回答時間、デバイス

中央值 14分(全設問回答者n=1843) PC 45%、スマホ 53%

居住地の最寄り駅からの距離

中央值 1.7km、標準偏差 0.86km

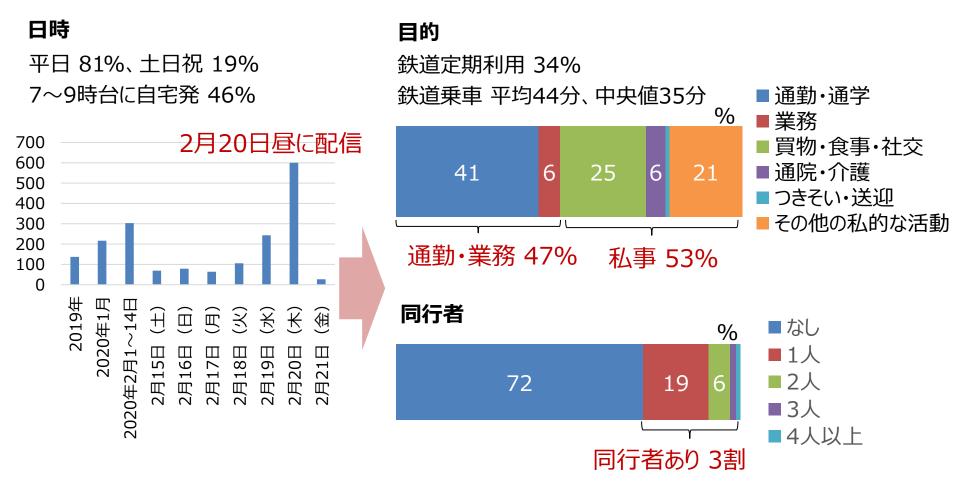


世帯収入	400万円未満	24%	
	400万~800万円	36%	
	800万~1200万円	19%	
	1200万円以上	6%	
	不明	16%	
大人1人世帯		24%	
大人2人世帯		45%	
6歳以下の子供あり)	14%	
就業形態	職業あり	67%	
外出の身体的困難		93%	
プログタ 中で四大	困難だが外出可/要		-移動困難
	介助者/外出不可	7%	7%
自動車運転免許	持っている	85%	7 70
H 23-1-7C 127 0 1 1	持っていない	13%	
	返納した	2%	
自動車保有	ほぼ自分専用あり	37%	
	家族共有あり	31%	
	ない	32%	
鉄道利用回数	週に3回以上	35%	
※地下鉄、モノレール、	週に1~2回	11%	Л Ф. 14 Т. 1 Г. 1 Т. 1 Т. 1 Т. 1 Т. 1 Т. 1 Т. 1
新交通含む	月に1~2回	18%	_ 鉄道利用
	2~3ヶ月に1回	8%	者とする
	年に数回	7%	=8割
	年に3回以下	6%	一 0 百 1
	基本的に使わない	14%	
Transport and Tourism Poss	arch Institute	T 1 /U	

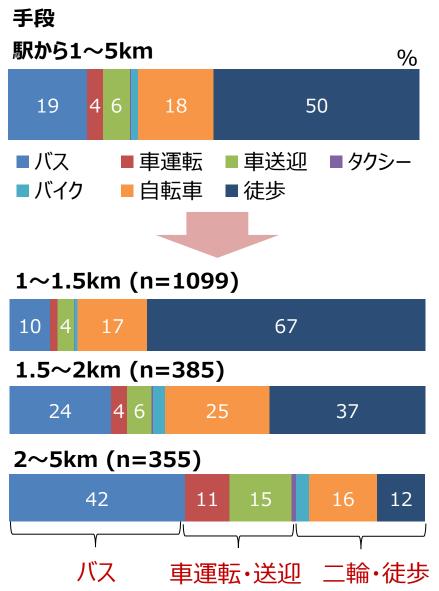
© 2020 Ryosuke Abe, Japan Transport and Tourism Research Institute

直近の移動 (n=1834)

鉄道利用者の直近の自宅発・鉄道移動



直近の移動 (n=1834):駅アクセス



手段別の属性値

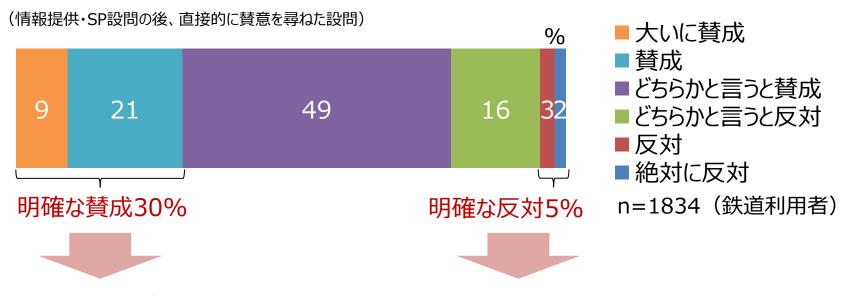
距離、所要時間 (平均)バス 車運転 車送迎 二輪 (土場)2.4km 1.9分 1.3km 1.8km 1.5分 (土場)2.5km 1.3km 1.6分駅までの高低差 駅までのバス運行本数 (平日)1.3km 1.3km16分 29m 29m 189m 車運転 半3 475m
車送迎 2.5km 13分 二輪 1.8km 15分 徒歩 1.3km 16分 駅までの高低差 ^{※1} (平均) 29m 駅までのバス運行本数(平日) ^{※1} (平均) 56 総費用(平均) バス ^{※2} 189円
二輪1.8km15分徒歩1.3km16分駅までの高低差*1 (平均)29m駅までのバス運行本数 (平日)*1 (平均)56総費用 (平均)バス*2189円
徒歩1.3km16分駅までの高低差*1 (平均)29m駅までのバス運行本数 (平日)*1 (平均)56総費用 (平均)バス*2189円
駅までの高低差 ^{*1} (平均) 29m 駅までのバス運行本数(平日) ^{*1} (平均) 56 総費用 (平均) バス ^{*2} 189円
駅までのバス運行本数(平日) ^{※1} (平均) 56 総費用 (平均) バス ^{※2} 189円
総費用 (平均) バス ^{※2} 189円
市運転※3 475□
十年4 4/30
車送迎 ^{※3} 112円
二輪**3 81円
バス定期利用 (バス、n=354) 16%
駅付近での駐車料金 一時利用・時間貸し 34%
(車·二輪、n=561) 定期利用 20%
なし 46%
費用負担者 費用なし 60%
自分または家族 30%
勤め先 9%
その他組織や個人 1%
福祉乗車証 1%

- ※1 ジオコーディング後 ※2 定期利用者は正規運賃×0.7
- ※3 1回あたり駐車料金+ 距離(送迎は×2)

© 2020 Ryosuke Abe, Japan Transport and Tourism Research Institute (車) (バイク30km/L)

一般的な受容性

自宅から最初に乗車した鉄道駅までの地域に自動運転タクシーやバスのようなサービスが 導入されることに賛成ですか、それとも反対ですか?



- 便利、選択肢が増える、バス本数少ない、駅から遠く交通の便が悪い、雨のとき便利、必ず座れる、自宅が高台
- 高齢者のため、高齢になったときのため、運転 できなくなったときのため(自分自身、家族)
- 楽しそう、見たい、テクノロジーが好き等

- 安全性が心配、事故が怖い、危ない
- 自動運転を信用していない、怖い
- 道路が混む、交通量が多い
- 健康のため歩ける、費用がかかる、環境に悪い等

安全、技術への信頼、駅周辺の渋滞の視点など

利便性、移動制約の視点など

(900件程度の自由記入コメントから)

利用意向(転換意向)

鉄道利用者1843人×6回選択=11058選択結果



- 必ず1を選ぶ(1=現状の手段)
- どちらかと言うと1を選ぶ
- どちらかと言うと2を選ぶ
- 必ず2を選ぶ (2=自動運転サービス)

目的(私事、通勤・業務)別に、アクセス機関選択モデルを推定

アクセス機関	説明変数
端末自動運転	待ち時間、乗車時間、総費用、同乗者属性 + 社会経済属性
バス	所要時間、運行本数、総費用 + 社会経済属性
車運転	所要時間、総費用 + 社会経済属性
車送迎	所要時間、総費用 + 社会経済属性
二輪	所要時間、総費用、駅までの高低差 + 社会経済属性
徒歩	所要時間、駅までの高低差

- 通勤・業務での車運転と車送迎はモデルでは考慮しない(サンプル、転換率とも小)
- ロジットモデルを適用。自動運転とバスには誤差相関(説明変数以外での類似性)も考慮

総費用パラメータは、端末型自動運転とバス、車運転と車送迎は共通として推定。時間パラメータのランダム係数化等はなし。誤回答 (n=4人)、タクシー利用者 (n=6人)、同行者が4人以よ (n524) などに基づく

モデル推定結果 (1/2)

サービス水準に関する結果

	私事	モデル	通勤·業	終モデル
	Estimate	Rob.t-ratio	Estimate	Rob.t-ratio
定数項_自動運転 (av)	-1.40	-4.7	-2.34	-2.9
定数項_バス (bus)	_	-	-3.02	-3.2
定数項_車運転 (cad)	-	-	na	na
定数項_車送迎 (carp)	-2.01	-2.7	na	na
定数項_二輪 (bike)	-	-	-	-
定数項_徒歩 (walk)	Fi	xed	Fi	xed
乗車時間_av	_	-	_	
待ち時間_av	-3.11	-2.9	-2.20	-2.3
同乗者顔見知り_av	-0.24	-2.9	-0.16	-2.3
同乗者他人_av	-0.44	-5.2		-2.6
所要時間_bus	-1.41	-2.2	-	-
運行本数 (log)_bus	-	-	0.20	1.9
所要時間_card	-8.11	-5.2	na	na
所要時間_carp	-	-	na	na
所要時間_bike	-12.69	-9.1	-4.27	-1.9
高低差_bike	-	-	-0.01	-2.0
所要時間_walk	-6.20	-8.2	-	-
高低差 walk	-	-	-	-
総費用_av_bus	-0.33	-8.2	-0.23	-2.7
総費用_card_carp	-0.11	-3.5	na	na
総費用_two	-0.12	-2.3	-	
スケール (λ)_av_bus	0.84	5.3	0.57	2.4
回答者数	9	40	7	68
選択サンプル数	5,6	540	4,0	608
推定パラメータ数	8	6	5	55
修正済み決定係数	0.3	323 © 20	020 Ryosu 0 e	362 , Japan Trai

端末型自動運転サービスの需要特性

- 総費用 反応はリーズナブル。交通サービスの費用支払いの抵抗は、車や二輪の(走行経費 含む)費用への抵抗より大
- 配車指示後の待ち時間 9.4円/分。駅での電車待ち時間等の値より小さい
 - →待ち時間への抵抗は小さい傾向
- ライドシェア 1回あたり、顔見知り=私事72円、通勤・業務69円。完全な他人=私事133円、通勤・業務100円に相当。私事で抵抗大は既往の知見 (Lavieri and Bhat, 2019)に対応
 - →抵抗最大は、私事で完全な他人
 - →抵抗最小は、通勤・業務で顔見知り コロナ後のライドシェアは今後の研究課題
- は非有意、naは選択肢なし。標準誤差は個人ごとにクラスタ化。時間と ns輩用パラメnisのは4000倍いで表示

モデル推定結果 (2/2)

社会経済属性に関する結果

	私事モデル 通勤・業務モデル							
		Rob.t-ratio						
同行者あり_av	0.70	6.3		-				
移動制約あり_av	1.08	5.9		1.30	2.4			
年齢25-44_av	-0.61	-2.9		-	-			
年龄45-64_av	-1.01	-4.8		-	-			
年龄65-74_av	-0.59	-2.8		-	-			
世帯収入400-800_av	-	-		-	-			
世帯収入>800_av	-	-		-	-			
世帯収入na_av	-	-		-	-			
女性_av	-	-		-	-			
就業者_av	-	-		na	na			
大人1人世帯_av	0.40	2.4		-	-			
大人2人世帯_av	-	-		-	-			
6歳以下子供あり_av	0.33	2.1	<u> </u>		_			
同行者あり_bus	-	-		-	-			
移動制約あり_bus	0.78	2.7		3.02	2.8			
年齢25-44_bus	-	-		-	-			
年齢45-64_bus	-0.75	-2.2		-	-			
年齢65-74_bus	-	-		-	-			
世帯収入400-800_bus	-0.61	-2.4		-	-			
世帯収入>800_bus	-0.83	-2.5		-	-			
世帯収入na_bus	-	-		-	-			
女性_bus	0.74	3.8		-	-			
就業者_bus	-0.45	-2.3		na	na			
大人1人世帯_bus	-	-		-	-			
大人2人世帯_bus	-0.93	-3.2		-	-			
6歳以下子供あり_bus	-	<u> </u>	Rvv	renke Ahr	<u>-</u> e, Japan Transpo			
		⊌ ZUZU	TryC	JUNE ADE	z, Japan Hallspi			

端末型自動運転サービスの需要特性

通勤・業務は主に利便性要因のみで決まるが、私事は多様な社会経済要因も影響

(私事で利用意向が高い)

- 同行者ありの移動
- 外出に関して身体的困難ある人
- 若年層とシニア層(20~24歳>25~44 歳=65~74歳>45~64歳)
- 単身世帯、小さい子供あり世帯
- 収入、性別、就業の影響なし

解釈:若年層、都市居住者、男性、高学歴等は自動運転車の利用意向が高い(多くの文献で共通した知見)。移動制約がある人も好意的な印象を持つ (Hwang et al., 2020)

車運転、車送迎、二輪、徒歩部分は略(資料末尾に添付)

2020 Ryosuke Abe, Japan Transport and Tourism Research Institute

アクセス機関間の代替性

需要の弾力性(推定モデルに基づき、自動運転の属性値が1%減少時の選択確率の変化率)

私事

(以下が減少時)	自動運転	バス	車運転	車送迎	二輪	徒歩
端末自動運転·費用	0.57	-0.31	-0.36	-0.18	-0.13	-0.11
端末自動運転・待ち時間	0.15	-0.06	-0.07	-0.05	-0.04	-0.04

私事では、(需要面から見ると)車運転やバスが置き換わりやすい

通勤·業務

(以下が減少時)	自動運転	バス	車運転	車送迎	二輪	徒歩
端末自動運転•費用	0.27	-0.35	(≒0)	(≒0)	-0.08	-0.04
端末自動運転・待ち時間	0.05	-0.06	(≒0)	(≒0)	-0.02	-0.01
			J		L	

通勤・業務では、バスが置き 換わりやすい 通勤・業務で、二輪や徒歩が置き 換わることはあまりなさそう

[※]弾性値は集計シェアの変化率に基づく(各個人の弾性値を選択確率で重み付けして集計した値)

[※]数値は基本的には通常の需要の弾性値と同じ解釈が可能(特に通勤・業務に対して。私事では誘発需要がある場合、過小評価になりうる)

報告内容

自動運転サービスの動向

- 政策課題、代表的な効果、先進事例等
- 端末型自動運転サービス

端末型自動運転サービスに関する需要分析

- 分析手法、研究の新規性
- 分析1 受容性および需要特性の分析
- 分析2 公共交通需要への影響の推計(TOD型都市圏を対象に)

まとめ、今後の課題、政策シナリオ

ステップ1 駅アクセス交通機関選択モデルの構築

2種類のデータを融合

- 端末型自動運転サービスの利用意向 (SP)データ
- 現状手段の実行動 (RP)データ(=交政審モデル中の「駅アクセス交通機関選択モデル」)



モデル化

端末自動運転利用の効用 $U_{av}=\beta_{av}+\gamma_{time}x_{av,time}+\gamma_{cost}x_{av,cost}+\beta_{st1}x_{av,st1}+\beta_{st2}x_{av,st2}+\varepsilon_{av}$ • 所要時間パラメータは交政案の自動車バス時間パラメータ、 費田パラメータは終費田パラメータ、 と共通と

• 所要時間パラメータは交政審の自動車バス時間パラメータ γ_{time} 、費用パラメータは総費用パラメータ γ_{cost} と共通として推定。定数項 β_{av} 、同乗者属性パラメータ β_{st1} 、 β_{st2} を推定

現状手段利用の効用 $U_i = \sigma(\gamma' X_i + \varepsilon_i)$ for mode i

- 交政審パラメータ γ とサービス水準変数 X_i を使って効用値を計算 $\rightarrow \gamma' X_i$ は変数
- データソースの違いを考慮するため、 $\sigma = スケールパラメータとし、<math>\sigma \gamma' X_i$ と特定化 $\rightarrow \sigma$ を推定



シミュレーション

- 現状手段は交政審のRPパラメータを使う
- 端末型自動運転のパラメータとして、 β_{av}/σ 、 γ_{time}/σ 、 γ_{cost}/σ 、 β_{st1}/σ 、 β_{st2}/σ を使う
- 以上は、予測時の定数項の扱い (Hensher and Rose, 2007; Cherchi and Ortúzar, 2006)に従う:①RPの定数項はそのまま使い、②SPの定数項はRPのスケールにあうようにリスケール、③RPの定数項を現状の市場シェアにあうようにキャリブレーション(今回は交政審のRPパラメータを使うので、RPの現況再現は確保)

ステップ1 駅アクセス交通機関選択モデルの構築

目的・年齢別の7個のモデルを推定

• 各モデルで、端末自動運転のパラメータとスケールが新たな要素(下表)

	通勤·非高	高齢モデル	通勤·高歯	유モデル	通学モデル	•	
	Estimate	Rob.t-ratio	Estimate	Rob.t-ratio	Estimate	Rob.t-ratio	
スケール	0.318	12.1	0.372	3.1	0.534	4.4	• 端末自動運転部分のみ表
定数項_av	-0.721	-5.0	-2.156	-4.2	-1.566	-2.3	示。現状手段は交政審モデ
時間_交政審車バス	-0.091	Fixed	-0.045	Fixed	-0.072	Fixed	ルのRPパラメータで固定
費用_交政審総費用	-0.006	Fixed	-0.004	Fixed	-0.007	Fixed	・ 交政審モデルと同じセグメント
同乗者顔見知り_av	-	-	_	-	-	-	・ 父政备モデルと同じピグメント 化、ロジットモデルを適用
同乗者他人_av	-0.267	-2.7	_	_	-1.199	-2.0	化、ロングドモナルを超用
回答者数	674		40		34		• モデル中の - は非有意
回答サンプル数	4,044		240		204		標準誤差は個人ごとにクラ
修正済み決定係数	0.265		0.549		0.439		スタ化
							=

	業務·非高	齢モデル	業務·高	齢モデル	私事・非高	齢モテル	私事・高齢	またデル
	Estimate	Rob.t-ratio	Estimate	Rob.t-ratio	Estimate	Rob.t-ratio	Estimate	Rob.t-ratio
スケール	0.075	2.8	0.831	3.9	0.361	12.6	0.351	9.4
定数項_av	-	_	-3.923	-4.2	-0.889	-7.3	-1.190	-8.0
時間_交政審車バス	-0.087	Fixed	-0.064	Fixed	-0.049	Fixed	-0.029	Fixed
費用_交政審総費用	-0.004	Fixed	-0.003	Fixed	-0.004	Fixed	-0.004	Fixed
同乗者顔見知り_av	-	-	-	-	-0.257	-2.4		-
同乗者他人_av	-	-	-	<u>-</u>	-0.522	-4.9	_	
回答者数	89		8		614		269	
回答サンプル数	534		48		3,684		1,614	
修正済み決定係数	0.331		0.518		0.297		0.235	

ステップ2 シミュレーションの前提条件

端末自動運転のサービス水準(調査の際の考え方を適用)

所要時間 車乗車時間 + 車を降りて改札口まで徒歩 1分

同乗者 自分や家族のみ

→標準的な値を設定

費用 [30% | 50% | 70%] ×タクシー運賃(全地域平均283.7円/人・キロ)円

配車待ち時間 配車指示から到着まで [3 | 5 | 10] 分 (郊外は [6 | 10 | 15] 分)

→「運賃・待ち時間最小」、「どちらも中間」、「どちらも最高」の3ケースを設定



端末バスをどうするか?

	「端末バス存続」ケース	「端末バス置き換え(バスなし)」ケース
利用可能性	端末自動運転あり 端末バスあり	端末自動運転あり 端末バスなし



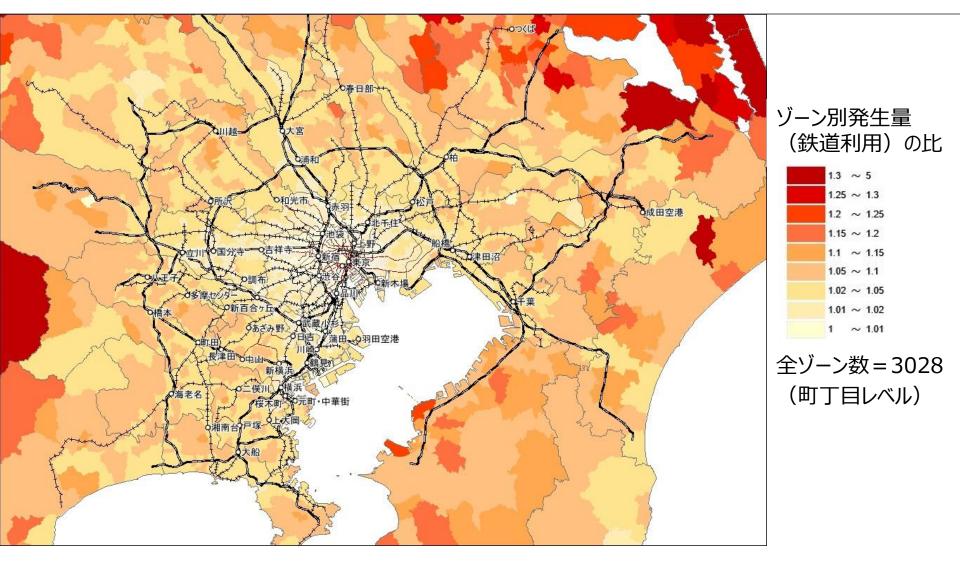
本報告では、「端末バス存続」ケースの結果を示す

鉄道需要パターンの変化の理解を目的 需要の水準は他ケース等も踏まえた総合的な議論が必要

© 2020 Ryosuke Abe, Japan Transport and Tourism Research Institute

結果 駅端末利便性の変化

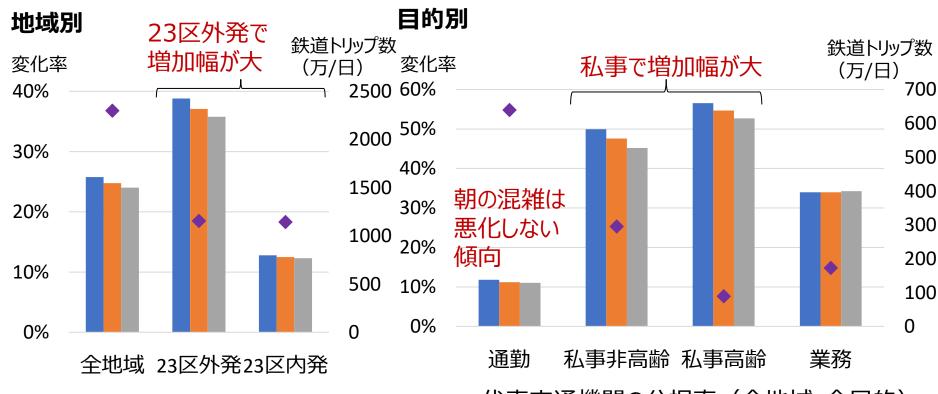
※端末自動運転「運賃・待ち時間最小」ケース



(色が濃いほうが公共交通アクセシビリティがより高まる) 郊外部、鉄道の空白地帯等での公共交通アクセシビリティが改善 © 2020 Ryosuke Abe, Japan Transport and Tourism Research Institute

結果 鉄道需要の変化(総需要)

※端末バス存続ケース



- ■運賃・待ち時間最小ケースでの変化率
- ■運賃・待ち時間中間ケースでの変化率
- 運賃・待ち時間最高ケースでの変化率
- ◆ 2015年の鉄道トリップ数 (万/日)

代表交通機関の分担率(全地域・全目的)

	現状 運賃·待	ち時間最小ケース
鉄道	45.0%	56.6%
自動車	50.6%	40.3%
バス	4.4%	3.1%

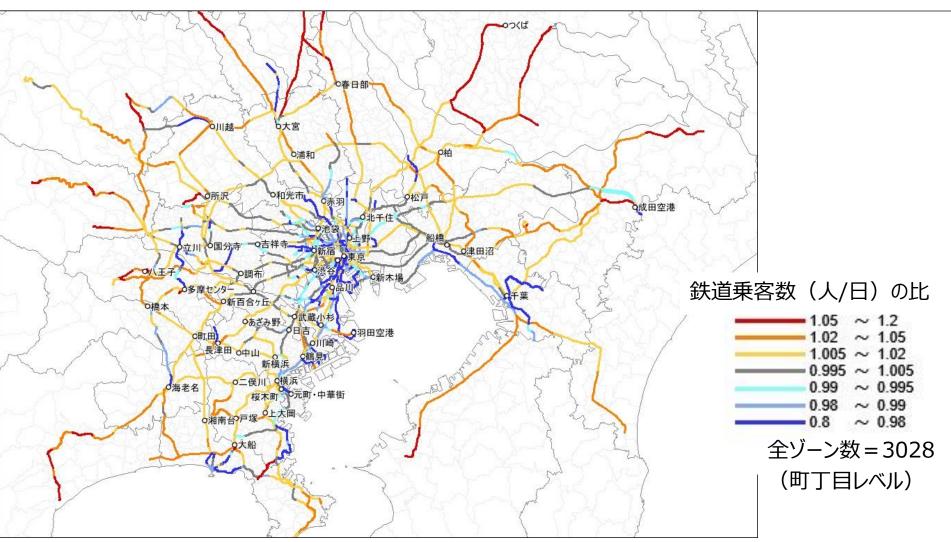
主に車から鉄道への転換

郊外部、私事で特に増加傾向(車からの転換)

© 2020 Ryosuke Abe, Japan Transport and Tourism Research Institute

結果 鉄道需要の変化(断面)

※端末自動運転「運賃・待ち時間最高」ケース



- ✓ 多くの郊外路線で増加傾向(新たな鉄道トリップの影響)
- ✓ 同時に、近い駅から少し遠いが複数の路線が乗り入れる駅で乗車など、乗車駅・経路の転換の影響も見られる。郊外の通過交通がない区間等ではこの影響が卓越し、減少傾向

報告内容

自動運転サービスの動向

- 政策課題、代表的な効果、先進事例等
- 端末型自動運転サービス

端末型自動運転サービスに関する需要分析

- 分析手法、研究の新規性
- 分析1 受容性および需要特性の分析
- 分析2 公共交通需要への影響の推計(TOD型都市圏を対象に)

まとめ、今後の課題、政策シナリオ

端末型自動運転サービス(オンデマンド型)の需要面を分析

より現実的な需要特性、自動運転車の公共交通需要への詳細な影響は初めての知見

需要特性

- 1. 各地域の公共交通利用者の一般的な受容性は高いサービスである可能性
- 2. 配車指示後の待ち時間への抵抗は小さいが、一部のライドシェアへの抵抗は大きい
 - →コロナ後のライドシェアへの抵抗はさらに注視する必要
- 3. 通勤・業務は主に利便性要因が影響。私事は多様な社会経済的要因も影響
 - →特に私事で「低廉でオンデマンド型の公共交通網までのアクセス」に対する多様なニーズ、 「地域の移動手段の確保」に資する
- 4. 私事では、車運転やバスとの代替性が大きい。通勤・業務では、バスとの代替性が大きく、二輪や徒歩とは小さい →バスサービス提供者側では、将来の自動運転への転換を見据え、端末デマンドとバスを組み合わせた最適な運行計画等が論点

特にTOD型都市圏を対象に

- 5. 同サービス導入で郊外部発、私事の鉄道トリップが特に増加。結果、郊外路線の乗客数は 増加傾向 →「郊外部等での鉄道需要の確保・創造」に資する
- 6. ただ、郊外路線で、沿線住民の乗車駅が変化し、通過交通がない区間等に対しては留保

今後の課題

分析2

複数ケースの結果を総合的に検討した上で、導入対象地域の抽出も考えられる(本報告では集計レベルの高い結果のみを示した)。例えば、鉄道利用が増える郊外の地域では、鉄道、バス事業者、自治体が連携した取り組みなどの可能性

分析2の手法面

- サービス提供者側のより現実的な運行計画問題や道路網の需給均衡問題(例:駅周辺での渋滞等)を統合した分析。本研究は潜在的な利用者ニーズのみが対象
- 乗車駅の選択確率の変化は考慮しているが、乗車駅(鉄道経路)選択肢集合は現在の設定法を適用。そのため、全く利用実績がない乗車駅が選択されるようになる等は未対応
- 新たな発生トリップ(外出回数等)への影響。本研究は主に機関選択(モーダルシフト)を対象。新交通サービス導入での大きな論点は機関選択と言えるが(例えば、森川ら、2004)、高齢者の外出促進などの論点もある



分析2のさらなる掘り下げ、今後の発展が必要

政策シナリオ

- ✓ 自動運転分野は将来の動きが速いと予想されるため、(予備的な議論に資する)エビデンス、 知見の蓄積が世界的に進む
- ✓ 各地域の交通の課題・望ましさの視点等を踏まえて、自動運転車(サービス、自家用車) 導入の影響は引き続き研究を重ねていく必要がある
- ✓ 影響は分析可能だが、最終的にどう導入していくかは各地域の計画の問題



端末型自動運転サービス導入のシナリオ

- ✓ <u>地域の交通</u>では、一定の役割を確認(満たされていない利用者ニーズに対応) = 予備的エビデンス。都市圏レベルのアクセシビリティへの影響は未知数
- ✓ TOD型の都市圏では、郊外部のアクセシビリティを高めるなど、都市圏レベルのアクセシビリティへの影響を確認 = 予備的エビデンス。結果としてTODを強化し(TODは公共交通網や交通・都市の持続可能性に貢献)、その強みをいかせる活用の方向性。一方で、留意点もあり、掘り下げが必要な部分は多い
- ✓ <u>我が国</u>において、各都市・地域でどのような自動運転車活用のシナリオがありうるかは、さらなる研究・調査が必要。我が国の立場を踏まえると、自動運転車と公共交通等のテーマは強みをいかせる可能性があるが、これもさらなる掘り下げが必要

鉄道需要推計は、社会システム株式会社のご協力、 SPに基づく交通需要推計は、山本俊行先生のご助言を頂きましたこと感謝申し上げます

ご清聴ありがとうございました

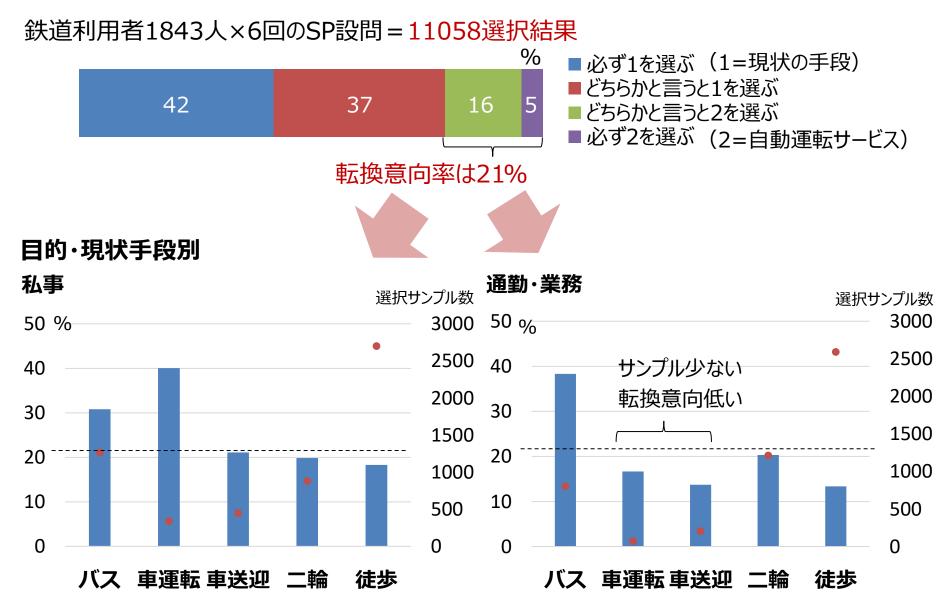


安部遼祐

一般財団法人運輸総合研究所

研究員 <u>abe-rwv@jttri.or.jp</u> | 03-5470-8415

利用意向(転換意向)



モデル推定結果

社会経済属性に関する結果(続き)

	私事:	モデル	通勤・業	務モデル
	Estimate	Rob.t-ratio	Estimate	Rob.t-ratio
同行者あり_card	1.75	4.2	na	na
移動制約あり_card	-	-	na	na
年龄25-44_card	-3.26	-2.4	na	na
年龄45-64_card	-3.66	-2.8	na	na
年齢65-74_card	-2.80	-2.1	na	na
世帯収入400-800_card	-	-	na	na
世帯収入>800_card	-1.24	-2.6	na	na
世帯収入na_card	-	-	na	na
女性_card	-	-	na	na
就業者_card	-1.19	-3.1	na	na
大人1人世帯_card	1.17	1.9	na	na
大人2人世帯_card	-	-	na	na
6歳以下子供あり_card	3.21	4.8	na	na
同行者あり_carp	-	-	na	na
移動制約あり_carp	2.04	3.6	na	na
年齢25-44_carp	-	-	na	na
年龄45-64_carp	-	-	na	na
年龄65-74_carp	-	-	na	na
世帯収入400-800_carp	-	-	na	na
世帯収入>800_carp	1.22	2.1	na	na
世帯収入na_carp	-	-	na	na
女性_carp	1.32	4.1	na	na
就業者_carp	-0.78	-2.3	na	na
大人1人世帯_carp	-	-	na	na
大人2人世帯_carp	-	-	na	na
6歳以下子供あり_carp	-	-	na	na

同行者あり_bike	0.65	2.9	-	-
移動制約あり_bike	-	-	-	
年龄25-44_bike	-	-	-	-
年龄45-64_bike	-	-	-	-
年龄65-74_bike	-	-	2.55	1.9
世帯収入400-800_bike	-0.66	-2.2	-	-
世帯収入>800_bike	-	-	-	-
世帯収入na_bike	-	-	-	-
女性_bike	-	-	-	-
就業者_bike	-	-	na	na
大人1人世帯_bike	-	-	-	-
大人2人世帯_bike	-	-	-	-
6歳以下子供あり_bike	_	-	-	-
業務_av	na	na	-	-
業務_bus	na	na	-	-
業務_two	na	na	-	-

既往研究:公共交通の端末手段

徒歩

- 経験則として、バス停までは400m (1/4 mile)、鉄道駅までは800m (1/2 mile)程度を勢力圏とするのが国際的な標準 (Chia et al., 2016)
- 徒歩アクセスの決定要因は、距離が強く影響 (Chalermpong and Wibowo, 2007; Rastogi and Rao, 2003)
- 公共交通の徒歩アクセス距離は、健康のための活動指針以上(よく歩く) (Durand et al., 2016)

自転車・車運転 (P&R)

- 自転車では大半の人が2~5kmのアクセス距離 (Martens, 2004)
- 米国と欧州大陸で自転車アクセスの状況は大きく異なる (Wang and Liu, 2013; Martens, 2004)。米国ではこの割合がかなり小さい(1%以下。英国も類似)。欧州大陸は日本と状況がより類似
- 決定要因として、駐輪場・駐車場整備が強く影響 (Brons, et al., 2009)

		, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	Valk	Bicycle	
Country/city	Author	Mean length	Speed (m/min)	Mean length	Speed (km/
Indonesia	Soegijoko and Horthy (1991)	400 m	58.3-83.3	3,300 m	6.0-15
Israel, Haifa	Polus et al. (1983)		78.8	_	_
China					
Tianjing	Ren and Koike (1993)	_	_	10-25 min	13
Beijing/Shanghai	Pendakur (1992)	10 min	_	11-30 min	11
Beijing	Tanaboriboon and Jing (1994)	22.5 min	_	_	_
Shanghai	Tanaboriboon and Ying (1993)	_	_	25.3 min	13
Ningbo	Jamisson and Naylor (1992)	20 min	-	20-40 min	_
	Lin et al. (1993)	_	_	6,000 m	
Singapore	Tanaboriboon et al. (1986)		74	_	_
United States					
Chicago	Levinson (1974)	296 m	_	_	_
Columbia	Navin and Wheeler (1969)	-	79	-	_
New York	Fruin (1971)	-	81		
	Sleight (1972)	-	82		
	Seneviratne (1985)	523 m	_		
Pittsburgh	Hoel (1968)	-	88		
Canada					
Toronto	Schoppert and Herald (1978)	369 m	-	-	-
Calgary	Seneviratne (1985)	335 m	_	_	_
	Morrall et al. (1991)	-	84		
West Germany, Hamburg	Koshki (1988)	512 m	_		
Saudi Arabia, Riyadh	Koushki (1988)	859 m	65	_	_
England, London	Older (1968)	_	79		_
Sri Lanka, Colombo	Morrall et al. (1991)	-	75	_	_
Bangkok, Thailand	Tanaboriboon and Guyano (1991)	_	73	_	_
India					
Madras	Victor (1989)	_	72	_	_
Delhi	Gupta (1986)		_	5,100 m	_
Tiruchirapalli	Arasan et al. (1994)	1700 m	_	5,200 m	
Hong Kong	Lam et al. (1995)	263-493 m	72	-	_
Mumbai, India	Present study	910 m	_	2.724 m	_

徒歩・自転車アクセス距離の国際比較 (Rastogi and Rao, 2003)

近年の米国の関連政策として、「自転車と公共交通の統合」=駅周辺での自転車シェアリング事業等への補助金、「ライドへイリング (Uber, Lift等) と公共交通の統合」=車非保有者や自転車・徒歩でのアクセス距離外に住む低所得者に対して、駅アクセスのためのライドへリング利用の補助金給付等があり、関連分析がある (Yan et al., 2019; Boarnet et al., 2017)

既往研究:公共交通の端末手段

アクセス手段・乗車駅(経路)の選択構造

- 同時選択の場合、アクセス手段間よりも乗車駅間の類似性が大きい(=ネスト型ロジットでは、上位がアクセス手段選択、下位が乗車駅選択) (Debrezion and Rietveld, 2009; Fan et al, 1993; 原田・大田, 1983)
- 段階選択の場合、Chakour and Eluru (2016)は、潜在クラスモデルを適用し、アクセス手段→乗車駅、乗車駅→アクセス手段の2つの選択構造への所属確率を算出。駅から遠い地域に住む人ほど、乗車駅→アクセス手段の構造があてはまるようになる
- 東京圏の交政審「駅アクセス交通機関選択モデル」(発着地が駅から1km以上のトリップデータから推定)では、事実上、乗車駅→アクセス手段の段階選択を仮定

自宅発着と活動先発着での選好の違い

近年のアクセス手段選択の分析では、home-end (自宅発着) とactivity-end (活動先発着) の区別が行われる。それぞれに対して、駅アクセスとイグレスの区別は行われない = 通常は駅往復での同時的な意思決定のため (e.g., Halldórsdóttir et al., 2017; Givoni and Rietveld, 2007)

アクセス手段間の誤差相関(時間や費用等以外である非観測要因における類似性)

- Halldórsdóttir et al. (2017)は、home-end駅アクセスとactivity-end駅アクセス選択を同時推定。Mixed logitモデルを適用した上で、徒歩・二輪間、車運転・車送迎・バス間に誤差相関を考慮
- ・ Bergman et al. (2011)は、駅アクセスで、選択肢間の誤差相関の構造別にモデルのあてはまりを比較。結果、徒歩・二輪間、車運転・バス・LRT間、車送迎を独立とする誤差相関を考慮

既往研究:自動運転車の利用意向

SP調査(stated choice experiment)に基づく自動運転車の利用意向

既往文献	アプローチ
Krueger et al. (2016)	オーストラリア435サンプル。現状の交通手段と2タイプ(相乗りあり/なし)の自動運転サービスの3選 択肢を提示
Yap et al. (2016)	オランダ1149サンプル。鉄道利用 (regional train trip)での駅からのイグレス手段としての自動運転 サービスの利用意向を分析
Haboucha et al. (2017)	イスラエルと北アメリカの721サンプル。通勤目的で通常の自家用車、自動運転による自家用車、同サービスの3選択肢を提示
Stek et al. (2018); Kolarova et al. (2019)	ドイツ172サンプル。通勤目的を対象。自家用車利用の時間価値は30%減で公共交通利用と同じ、 自動運転サービス利用の時間価値は公共交通利用と同じになると推定。後者ドイツ511サンプル。多 目的に拡張。通勤目的のみ41%減。私事目的は減少せず
Correia et al. (2019)	オランダ500サンプル。仕事と余暇目的での自動運転による自家用車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。
Krueger et al. (2019)	シドニー都市圏512サンプル。居住地 + 交通手段のDual-response選択SPを実施。自家用車利用の時間価値変化はゼロとの結論(SPの設計で議論の余地あり)
Lavieri and Bhat (2019)	ダラス (DFW)都市圏1607サンプル。自動運転サービスにおける相乗り(他人と同乗)属性が利用意向に与える影響を分析。通勤目的の移動が私事目的よりも抵抗感が小さい
Abe et al. (2020)	日本の都市圏2000サンプル。自動運転サービスの運行管理手法 (monitoring)が利用意向に与える 影響を分析
本研究	東京都市圏2300サンプル(自宅が最寄り駅から1~5kmにある人)。端末手段としての自動運転 サービスの利用意向を分析

既往研究:自動運転車を考慮した交通需要推計

導入対象:自動運転による自家用車

既往文献	アプローチ・主な結果	対象地域
Harper et al. (2016)	簡易試算。NHTSデータに基づく高齢者、障害者の人数・交通行動に各グループの交通行動変化の仮定を用いて、総走行距離の変化を算出。最大14%増加	米国
Wadud et al. (2016)	簡易試算。NHTSデータを基づき、技術開発のシナリオ別に総走行距離とCO2排出量の変化を算出。最大10%増加	米国
Fragnant and Kockelman (2015)	簡易試算。事故減少等の各種便益と購入費用、割引率を用いて、普及率別に自動運転車の社会的便益を算出。便益は全て正	米国
Childress et al. (2015)	Agent-basedモデル(同地域の公的モデル)に基づく、個人のアクティビティ・交通行動のシミュレーション。車利用の時間パラメータや交通容量パラメータ等の変化の仮定を用いて算出	ピュージェット 湾 (米国)
Meyer et al. (2016)	Trip-basedモデル(同地域の公的モデル)に基づく。交通容量の増加(自家用自動運転の普及)による各地域のアクセシビリティの変化を算出。郊外部のアクセシビリティ大幅増加	スイス
Truong et al. (2018)	簡易試算。年齢別の自動車トリップ頻度の分布に対して、トレンド外挿による仮定(例:若年層・高齢者の頻度増加等)を用いて、同トリップの変化を算出。全体で4%増加	ビクトリア州 (豪州)
Zhang et al. (2018)	世帯内での車両のrelocationを考慮した線形計画法による最適化。100%の普及率のもとで、 車両は9.5%削減、総走行距離は13%増加(relocationのみから発生)	アトランタ (米国)
Chen et al. (2019)	簡易試算。燃費改善等に関する過去トレンドデータと仮定を用いて、燃料消費の変化を算出。結果は-45%から+30%と幅広い	米国
Kröger et al. (2019)	簡易試算。集計的な4段階推定を用いて、車利用の一般化費用の減少による機関選択や 総走行距離の変化を算出。車シェアが大幅増加	米国、ドイツ

既往研究:自動運転車を考慮した交通需要推計

導入対象:自動運転によるサービス

既往文献	アプローチ・主要な結果	対象地域
Azevedo et al. (2016)	Agent-basedモデル (SimMoblity)に基づく、個人のアクティビティ・交通行動と自動運転サービスのsupply-side(運行)の同時シミュレーション。限定地域内(シンガポールCBD)においての車両台数と各種交通指標との関係を算出。Supply-sideがモデル化されるため、待ち時間等のLOSは車両台数により内生化	シンガポール
Bösch et al. (2018)	Agent-basedモデル (MatSim)に基づく、個人のアクティビティ・交通行動のシミュレーション。自動運転サービスと基幹公共交通の価格ならびに同サービス利用への選好(時間価値)の仮定からなるケース別に、総走行距離と各ゾーンのアクセシビリティへの影響を算出。同サービスの導入なしケースが政策的に最適(総走行距離少なく、アクセシビリティ高い)→公共交通網の質が高い場合、自動運転サービスの使い方を決めないと悪化すると言える	ツーク(ス イス)
Abe (2019)	簡易試算。Supply-sideに関する簡易試算を踏まえ、都市類型・トリップ属性(移動距離、目的、交通手段の組み合わせ)別に、トリップ費用への影響を算出。固定路線と非固定路線的サービス導入を区別。Supply-sideでは両者のサービス導入の効果がありうるが、利用者側では後者のサービス導入の効果が大きい	日本
本研究	Trip-basedモデル(同地域の公的モデル)に基づく。端末交通手段としての自動運転サービス導入が鉄道需要に与える影響を算出。同サービス利用への選好はSP調査結果から設定	東京

※サービスへの需要を固定した上で、運行に関するシミュレーション (supply-side simulation)を行う研究は、交通需要推計として含めていない。また、同研究で、個人のアクティビティ・交通行動がモデル化されていても、対象地域の実需要を考慮していない研究(地理的な空間のみをシミュレーションのベースに使うなど)も含めていない

既往文献:自動運転車活用の政策課題やシナリオなど

既往文献	アプローチ	分野	対象地域
Litman (2014): レポート	文献レビュー、トレンド分析	包括的	北米
Fragnant and Kockelman (2015):論文	文献レビュー、社会的便益・費用の定 量化(簡易試算)	包括的	米国
Guerra (2016):論文	全米のMPOの実務者へのインタビュー	都市計画	米国
KPMG (2017):レポート	不明	包括的·公共交通	特定せず
Lews et al. (2017): レポート	文献レビュー	包括的	米国
Milakis et al. (2017):論文	シナリオ分析、関係者の評価や採点	包括的	オランダ
UITP (2017):レポート	不明	公共交通	特定せず
Fraedrich et al. (2018):論文	ドイツのMPOの実務者へのインタビュー	都市計画	ドイツ
Henaghan (2018):レポート	文献レビュー、(カンファレンスでの) 専門家議論等	都市計画	米国
Milakis et al. (2018):論文	シナリオ分析、Q分類法(専門家の見 方をグループ化)	土地利用・アクセシビリティ	オランダ
NACTO (2019): レポート	文献レビュー、都市設計	都市計画	米国
Nenseth et al. (2019):レポート	文献レビュー	包括的	ノルウェー
Pettigrew and Cronin (2019):論文	利害関係者から政府への意見陳述	包括的	オーストラリア

既往文献:自動運転車活用の政策課題やシナリオなど

都市計画分野

- NACTO (2019):全米81都市による自動運転車に関するビジョン等。政策の論点をTransit、Pricing、Data、Urban Freightの4つに整理。Transitは自動運転車に備えて現状のバスサービス改善策の一層の推進など。Pricingは渋滞増加に備えて導入を検討すべきなど。全体として、都市の空間デザイン(リ・デザイン)に関心が高い。新たな技術を機に、自動車依存型都市を変えていこうというビジョン(autonomous urbanism)
- Henaghan (2018): APA (American Planning Association)による自動運転車に関わるビジョン、研究ニーズ等。シナリオの「時間軸」に関する研究ニーズ等

公共交通分野

- KPMG (2017):包括的な内容のレポートの転用。公共交通に特化した内容はわずか
- UITP (International Association of Public Transport) (2017): 公共交通事業者の立場から、考えられる自動運転車の活用方策や政策示唆がまとめられている。これは国際的に共通と言える論点であるものの、あくまでヨーロッパの平均的な都市を想定した内容。地域特性を踏まえた議論や客観的な分析・知見等に基づく議論はない

- Abe, R. Introducing Autonomous Buses and Taxis: Quantifying the Potential Benefits in Japanese Transportation Systems. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 126, 2019, pp. 94–113.
- Abe, R., Kita, Y., and D. Fukuda. An Experimental Approach to Understanding the Impacts of Monitoring Methods on Use Intentions for Autonomous Vehicle Services: Survey Evidence from Japan. *Sustainability*, Vol. 12, No. 2157, 2020.
- Azevedo, C. L., Marczuk, K., Raveau, S., Soh, H., Adnan, M., Basak, K., Loganathan, H., Deshmunkh, N., Lee, D., Frazzoli, E., and M. Ben-Akiva. Microsimulation of Demand and Supply of Autonomous Mobility on Demand. *Transportation Research Record*, Vol. 2564, 2016, pp. 21–30.
- Baldwin, R. The Globotics Upheaval: Globalization, Robotics, and the Future of Work. Oxford University Press, Oxford, 2019. (リチャード・ボールドウィン (高遠裕子訳). GLOBOTICS (グロボティクス) グローバル化+ロボット化がもたらす大激変, 日本経済新聞出版, 2019)
- Becker, H., Becker, F., Abe, R., Bekhor, S., Belgiawan, P. F., Compostella, J., Frazzoli, E., Fulton, L. M., Garrick, N., Guggisberg Bicudo, D., Murthy Gurumurthy, K., Hensher, D. A., Joubert, J. W., Kockelman, K. M., Kröger, L., Kuhnimhof, T., Le Vine, S., Malik, J., Marczuk, K., Ashari Nasution, R., Rich, J., Papu Carrone, A., Shen, D., Shiftan, Y., Tirachini, A., Verdis, D., Wong, Y. Z., Zhang, M., Bösch, P. M., and K. W. Axhausen. Impact of Vehicle Automation and Electric Propulsion on Production Costs for Mobility Services Worldwide. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 138, 2020, pp. 105–126.
- Bergman, Å., Gliebe, J., Strathman, J. Modeling Access Mode Choice for Inter-Suburban Commuter Rail. *Journal of Public Transportation*, Vol. 14, 2011, pp. 23–42.
- Boarnet, M.G., Giuliano, G., Hou, Y., Shin, E.J. First/Last Mile Transit Access as an Equity Planning Issue. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 103, 2017, pp. 296–310.
- Bösch, P. M., Ciari, F., and K. W. Axhausen. Transport Policy Optimization with Autonomous Vehicles. *Transportation Research Record*, Vol. 2672, 2018, pp. 698–707.
- Brons, M., Givoni, M., Rietveld, P. Access to Railway Stations and its Potential in Increasing Rail Use. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 43, 2009, pp. 136–149.
- Chakour, V., Eluru, N. Analyzing Commuter Train User Behavior: A Decision Framework for Access Mode and Station Choice. *Transportation*, Vol. 41, 2014, pp. 211–228.
- Chalermpong, S., Wibowo, S. S. Transit Station Access Trips and Factors Affecting Propensity to Walk to Transit Stations in Bangkok., Thailand. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6, 2007.
- Chen, Y., Gonder, J., Young, S., and E. Wood. Quantifying Autonomous Vehicles National Fuel Consumption Impacts: A Data-rich Approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 122, 2019, pp. 134–145.
- Cherchi, E., Ortúzar, J. de D. On Fitting Mode Specific Constants in the Presence of New Options in RP/SP Models. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 40, 2006, pp. 1–18.
- Chia, J., Lee, J. (Brian), Kamruzzaman, M. Walking to Public Transit: Exploring Variations by Socioeconomic Status. *International Journal of Sustainable Transportation*, Vol. 10, 2016 pp. 805 1814 be, Japan Transport and Tourism Research Institute

- Childress, S., Nichols, B. Charlton, and S. Coe. Using an Activity-Based Model to Explore the Potential Impacts of Automated Vehicles. *Transportation Research Record*, Vol. 2493, 2015, pp. 99–106.
- Correia, G. H. A., Looff, E., van Cranenburgh, S., Snelder, M., and van Arem, B. On the Impact of Vehicle Automation on the Value of Travel Time While Performing Work and Leisure Activities in a Car: Theoretical Insights and Results from a Stated Preference Survey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 119, 2019, pp. 359–382.
- Debrezion, G., Pels, E., Rietveld, P. Modelling the Joint Access Mode and Railway Station Choice. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 45, 2009, Vol. 270–283.
- Durand, C.P., Tang, X., Gabriel, K.P., Sener, I.N., Oluyomi, A.O., Knell, G., Porter, A.K., Hoelscher, D.M., Kohl, H.W. The Association of Trip Distance with Walking to Reach Public Transit: Data from the California Household Travel Survey. *Journal of Transport & Health*, Vol. 3, 2016, pp. 154–160.
- Fagnant, D. J., and K. Kockelman. Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 77, 2015, pp. 167–181.
- Fan, K. S., Miller, E. J., Badoe, D. Modeling Rail Access Mode and Station Choice. Transportation Research Record, Vol. 1413, 1993, pp. 49–59.
- Fraedrich, E., D. Heinrichs F. J. Bahamonde-Birke, and R. Cyganski. Autonomous Driving, the Built Environment and Policy Implications. *Transportation research part A: policy and practice*, Vol. 122, 2019, pp. 162–172.
- Givoni, M., Rietveld, P. The Access Journey to the Railway Station and its Role in Passengers' Satisfaction with Rail Travel. *Transport Policy*, Vol. 14, 2007, pp. 357–365.
- Guerra, E. Planning for Cars That Drive Themselves: Metropolitan Planning Organizations, Regional Transportation Plans, and Autonomous Vehicles, *Journal of Planning Education and Research*, Vol. 36(2), 2016, pp. 210–224.
- Haboucha, C. J., R. Ishaq, R., and Y. Shiftan. User Preferences Regarding Autonomous Vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 78, pp. 37–49, 2017.
- Harper, C. D., C. T. Hendrickson, S. Mangones, and C. Samaras. Estimating Potential Increases in Travel with Autonomous Vehicles for the Non-Driving, Elderly, and People with Travel-Restrictive Medical Conditions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 72, 2016, pp. 1–9.
- Halldórsdóttir, K., Nielsen, O.A., Prato, C.G. Home-end and Activity-end Preferences for Access to and Egress from Train Stations in the Copenhagen Region. *International Journal of Sustainable Transportation*, Vo. 11(10), 2017, pp. 776–786.
- Henaghan, J. (ed.) Preparing Communities for Autonomous Vehicles. American Planning Association, Chicago, 2018.
- Hensher, D.A., Rose, J.M. Development of Commuter and Non-commuter Mode Choice Models for the Assessment of New Public Transport Infrastructure Projects: A Case Study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 41, 2007, pp. 428–443.
- Hörl, S., Ruch, C., Becker, F., Frazzoli, E., Axhausen, K.W. Fleet Operational Policies for Automated Mobility: A Simulation Assessment for Zurich. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 102, 2019, pp. 20–31.

- Hwang, J., Li, W., Stough, L., Lee, C., Turnbull, K. A Focus Group Study on the Potential of Autonomous Vehicles as a Viable Transportation Option: Perspectives from People with Disabilities and Public Transit Agencies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 70, 2020, pp. 260–274.
- Kolarova, V., Steck, F., and Bahamonde-Birke, F. J. Assessing the Effect of Autonomous Driving on Value of Travel Time Savings: A Comparison between Current and Future Preferences. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 129, 2019, pp. 155–169.
- KPMG. Impacts of Autonomous Vehicles on Public Transport Sector, 2017
- Kröger, L., Kuhnimhof, T., and S. Trommer. Does Context Matter? A Comparative Study Modelling Autonomous Vehicle Impact on Travel Behaviour for Germany and the USA, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 122, 2019, pp.146–161.
- Krueger, R., T. H. Rashidi, and J. M. Rose. Preferences for Shared Autonomous Vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 69, 2016, pp. 343–355.
- Krueger, R., Rashidi, T.H., Dixit, V.V. Autonomous Driving and Residential Location Preferences: Evidence from a Stated Choice Survey. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 108, 2019, 255–268.
- Lavieri, P. S., and C. R. Bhat. Modeling Individuals' Willingness to Share Trips with Strangers in an Autonomous Vehicle Future. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 124, 2019, pp. 242–261.
- Lewis, P., G. Rogers, and S. Turner. *Beyond Speculation: Automated Vehicles and Public Policy: An Action Plan for Federal, State, and Local Policymakers*. Eno Center for Transportation, Washington, D.C., 2017.
- Litman, T. Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning. Victoria Transport Policy Institute, British Columbia, 2014.
- Martens, K. The Bicycle as a Feedering Mode: Experiences from Three European Countries. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 9, 2004, pp. 281–294.
- Meyer, J., H. Becker, P. M. Bösch, and K. W. Axhausen. Autonomous Vehicles: The Next Jump in Accessibilities? *Research in Transportation Economics*, Vol. 62, 2017, pp. 80–91.
- Milakis, D., M. Kroesen, and B. Van Wee. Implications of Automated Vehicles for Accessibility and Location Choices: Evidence from an Expert-Based Experiment, *Journal of Transport Geography*, Vol. 68, 2018, pp. 142–148.
- Milakis, D., M. Snelder, B. Van Arem, B. Van Wee, and G. H. De Almeida Correia. Development and Transport Implications of Automated Vehicles in the Netherlands: Scenarios for 2030 and 2050, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, Vol. 17(1), 2017, pp. 63–85.
- National Association of City Transportation Officials (NACTO). Blueprint for Autonomous Urbanism: Second Edition. NACTO, New York, 2019.
- Nenseth, V., A. Ciccone, and N. B. Kristensen. *Societal Consequences of Automated Vehicles, Norwegian Scenarios*. Institute of Transport Economics, Oslo, 2019.
- Ortúzar, J. de D., and L.G. Willumsen. *Modelling Transport, Fourth Edition*. Wiley, Hoboken, 2011.
 © 2020 Ryosuke Abe, Japan Transport and Tourism Research Institute

- Pettigrew, S., and S. L. Cronin. Stakeholder Views on the Social Issues Relating to the Introduction of Autonomous Vehicles. *Transport Policy*, Vol. 81, 2019, pp. 63–85.
- Rastogi, R., Rao, K.V.K. Travel Characteristics of Commuters Accessing Transit: Case Study. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 129, 2003, pp. 684–694.
- Rose, J.M., Bliemer, M.C.J., Hensher, D.A., Collins, A.T. Designing Efficient Stated Choice Experiments in the Presence of Reference Alternatives. *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 42, 2008, pp. 395–406.
- Scheltes, A., de Almeida Correia, G.H. Exploring the Use of Automated Vehicles as Last Mile Connection of Train Trips through an Agent-based Simulation model: An Application to Delft, Netherlands. *International Journal of Transportation Science and Technology*, Vol. 6, 2017, pp. 28–41.
- Steck, F., V. Kolarova, F. Bahamonde-Birke, S. Trommer, and B. Lenz. How Autonomous Driving May Affect the Value of Travel Time Savings for Commuting. *Transportation Research Record*, Vol. 2672, 2018, pp. 11–20.
- Truong, L. T., De Gruyter, C., Currie, G., and A. Delbosc. Estimating the Trip Generation Impacts of Autonomous Vehicles on Car Travel in Victoria, Australia, *Transportation*, Vol. 44, 2017, pp. 1279–1292.
- UITP. Policy Brief, Autonomous Vehicles: A Potential Game Changer for Urban Mobility, International Association of Public Transport, Brussels, 2017.
- Wadud, Z., D. MacKenzie, and P. Leiby. Help or Hindrance? The Travel, Energy and Carbon Impacts of Highly Automated Vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 86, 2016, pp. 1–18.
- Wang, R., Liu, C. Bicycle-Transit Integration in the United States, 2001–2009. *Journal of Public Transportation*, Vol. 16(3), 2013, pp. 95–119.
- Yan, X., Levine, J., Zhao, X. Integrating Ridesourcing Services with Public Transit: An Evaluation of Traveler Responses Combining Revealed and Stated Preference Data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 105, 2019, pp. 683–696.
- Yap, M. D., Correia, G. H. A., and B. Van Arem. Preferences of Travellers for Using Automated Vehicles as Last Mile Public Transport of Multimodal Train Trips, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 94, 2016, pp. 1–16.
- Zhang, W., Guhathakurta, S., and E. B. Khalil. The Impact of Private Autonomous Vehicles on Vehicle Ownership and Unoccupied VMT Generation, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 90, 2018, pp.156–165.
- 尾形信一・倉内慎也・森川高行. "RP/SP融合法に基づく新規都市鉄道路線の需要予測における実務的課題",「土木計画学研究・論文集」, 25巻3号, 2008, pp. 701-708.
- 原田昇・太田勝敏. "Nested Logitモデルの多次元選択への適用 —駅・アクセス手段同時選択の場合",「交通工学」, 18巻6号, 1983, pp. 3–11.
- 森川高行・永松良崇・三古展弘. "新交通システム需要予測の事後評価 ピーチライナーを例として ",「運輸政策研究」, 7巻2号, 2004, pp. 20–29.

関連発表

- バス・タクシーでの自動運転車導入に関する検討,運輸総合研究所研究報告会2019年春(第45回),海運クラブ 国際会議場,2019年5月. https://www.jttri.or.jp/members/journal/assets/no78_houkokukai02_1.pdf
- 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,第128回運輸政策コロキウム, 運輸総合研究所,2019年4月. https://www.jttri.or.jp/members/assets/n078 colloquium02.pdf
- 都市圏における自動運転技術導入後の乗合バス・タクシーのサービス水準の評価と今後の活用方策の方向性,運輸総合研究所研究報告会2018年春(第43回),海運クラブ国際会議場,2018年5月.
 https://www.jttri.or.jp/members/assets/no77_houkokukai01.pdf