

自動運転バスの社会実装に向けた取組 ～栃木県足利市を対象にして～

やすいけ たける たなか あんな にしいせいじ おおさらたかやす う な き しゅんすけ
安池 健¹・田中杏奈¹・西井成志¹・大皿陽康¹・宇那木駿介¹

¹日本工営株式会社 交通運輸事業本部 交通政策事業部 交通都市部
(〒102-8539 東京都千代田区麹町5-4)

本プロジェクトは、栃木県内での自動運転バス運行の実装を目指し、栃木県県土整備部交通政策課とともに「栃木県ABCプロジェクト」として推進しているものである。令和2年度に策定した全体計画に基づき、これまで県内7箇所にて実証実験を行っている。今回の実験では足利市を対象として、2駅間の接続や歩車共存空間における自動運転バスの走行を実施し、実験参加者へのアンケート調査や自動運転走行中の手動介入状況の結果から、自動運転バスの社会実装に向けた課題の抽出を行った。

Key Words : 自動運転バス, 歩車共存空間, 社会実装, 社会的受容性, 手動介入

1. はじめに

自動運転技術の社会実装に向けた取組が加速している昨今、栃木県では県内での自動運転バスの実装を目指し、全体計画に基づき実証実験を推進している。実験地域および各地域における目的を記載した一覧表(表-1)に示すとおり、計画の10箇所のうちこれまで7箇所にて実験を実施しており、本報告では市街地に分類されている足利市の実験結果について報告する。

JR足利駅～東武足利市駅間および観光施設周辺の歩車共存空間で自動運転バスを運行し、当該環境下における走行課題の抽出や、自動運転バスに対する社会的受容性の把握のため、実験参加者へのアンケート・ヒアリング調査および手動介入発生状況調査を実施した。

(2) 走行ルートの設定

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約4.7kmのルートを設定し、(図-1) 全区間で自動走行が行えるよう調律を実施した。

表-1 本プロジェクトの全体計画¹⁾

事業年度	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度
中山間地域		茂木町 (道の駅もてぎ～茂木駅～ふみの森もてぎ)	那須町 (黒田原駅周辺)	
観光地		市街地の周遊性向上 高齢者の移動手段確保	主要拠点間の周遊性向上 関係人口の創出等	
			那須塩原市 (塩原温泉郷)	日光市 (奥日光低公害バス路線)
市街地		壬生町 (道の駅みぶ)	宇都宮市 (西川田駅～東総合運動公園)	下野市 (自治医大駅～自治医大病院)
		公園等のアクセス向上・周遊性向上等 イベント時の移動手段確保・公共交通利用促進等	医療施設のアクセス向上 ビジネスモデルの検証	医療施設のアクセス向上 ビジネスモデルの検証
	小山市 (小山駅～白鷺大学)	足利市 (足利学校周辺)	芳賀町 (芳賀工業団地)	多様な交通モードの連携 ビジネスモデルの検証
	市街地の周遊性向上 通学手段の確保	市街地の周遊性向上 歩車共存空間の再配分		

2. 実験概要

(1) 実験の目的



図-1 走行ルートの設定

(3) 車両諸元と自動運転レベル

今回の実験では図-2に示すNAVYA社製のARMAと称する車両を使用した。最高速度は20km/h、乗客7名乗りである。走行時にはドライバーが同乗し、緊急時にはドライバーが手動介入する自動運転レベル2で走行した。



図-2 今回使用した車両に備わる自動運転技術¹⁾

(4) 走行上の課題と対策

今回の実験を行うにあたって、事前に想定された走行課題として、①堤防道路上での自動運転システムの安定性の確保、②歩車共存空間での走行の安全性の確保の2点が挙げられた。走行中の車両と歩行者との接触、事故を防ぐため、課題①に対しては、堤防道路上に車両の自己位置推定の目印となる看板を設置し自動運転システムの安定性を確保した。課題②に対しては、歩車共存空間にICT-LED電光掲示板を設置し、一般車両や歩行者に自動運転バスの運行を周知した。(図-3)



図-3 走行課題への対策(左図：自己位置推定の目印となる看板、右図：運行周知のための電光掲示板)

(5) 社会的受容性の向上の促進に向けた取組

本実験の実施にあたり、市内観光施設である太平記館において、地元自治会役員や他イベント来訪者を対象に、自動運転バス展示会を開催した。本展示会では、実証実験の周知、参加者募集、および自動運転車両技術を説明する等、自動運転バス導入にあたっての利用者の理解、社会的受容性向上に努めた。



図-4 社会的受容性の向上に関する取り組みの様子(左図：自治会向け展示会、右図：イベント時の展示会)

(6) 将来的な遠隔操作を見据えた取り組み

将来的な遠隔操作による運行を見据え、太平記館に遠隔監視モニターを設置し、リアルタイムの運行情報(走行位置、車外・車内映像等)を提供した。



図-5 遠隔モニターによる運行情報の提供

3. 実験結果

(1) 乗車実績

乗車実績を表-2に示す。本実験では乗客定員7人のうち、4人が予約枠、3人を当日現地乗車枠として設定した。実験期間中の乗車定員合計840人(予約乗車合計480人、当日現地乗車枠360人)のうち、予約乗車者数が437人(91.0%)、当日現地乗車者数が299人(83.1%)となった。大きなトラブルや苦情もなく、概ね予定通り運行することができた。これらは、実験実施前・実施中に、安全対策や展示会等の実験周知を行ったことが要因として考えられる。

表-2 実験期間中における乗車実績

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

(2) 検証結果

自動運転バスに対する社会的受容性に関する検証、地域住民の受容性に関する検証、自動運転バス走行の技術的検証を行うため、表-3に示す調査を実施した。

表-3 検証項目

調査手段	調査内容
実験参加者アンケート	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転バスに対する社会的受容性 自動運転バス本格導入時の支払意思額 自動運転バスの無人運行に対する印象
歩車共存空間沿道店舗ヒアリング	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転バスに対する地域住民の受容性 自動運転バスの走行の安心感等 賑わい創出効果への期待
手動介入発生状況調査	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転時に手動介入が発生する走行環境、自動運転技術等の条件

1) 実験参加者の社会的受容性

アンケート結果より以下の3つの結果が得られた。①実験実施により利用者の自動運転バスに対する安心感が向上した。②自動運転バスの無人運行に対する印象は不安が36%、③自動運転サービスの支払い意思額として既存のバス運賃と同じ価格帯である。

①については、自動運転バス乗車後のアンケート結果では、乗車前に比べ、自動運転バスに対する安心感が52%から83%に向上した。(図-6)

②については、①の結果では、乗車後に自動運転バスに対する不安は減少したものの、無人運行に対する不安は36%となっている。安全性や乗り心地のほか、車内に運転士等がない場合の、事故対応や車内の治安への懸念が不安要因として挙げられた。(図-7)

③については、実証実験で走行したルートにおいて、PSM分析を用いて乗客に受容される料金価格帯を算出した結果、150円～240円程度で既存バスの運賃(210円)と同様の価格帯となった。(図-8)

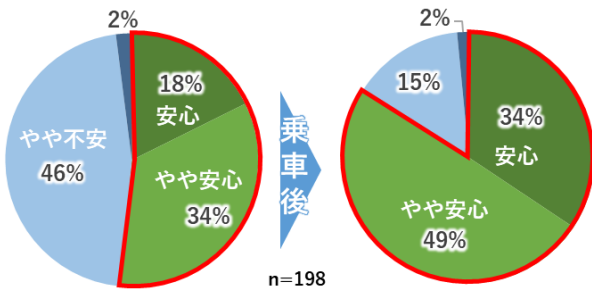


図-6 乗車前後での自動運転バスに対する安心感の変化

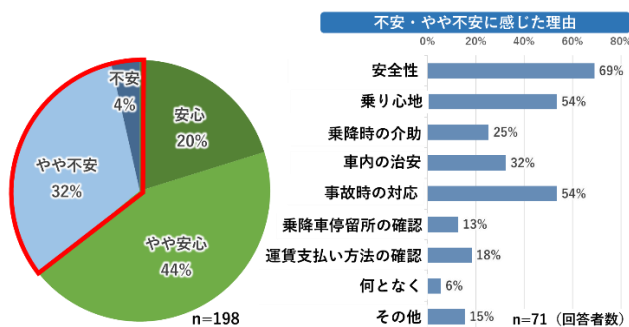


図-7 無人自動運転バスに対する不安感とその理由

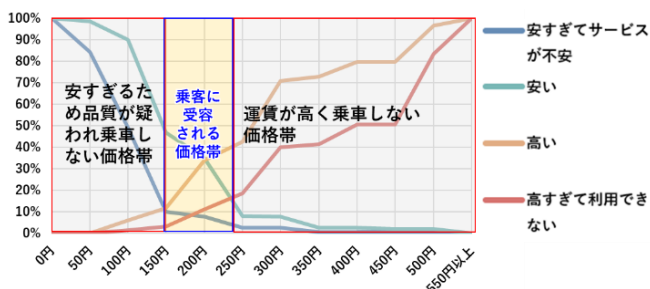


図-8 自動運転サービスに対する支払い意思額

2) 地域住民の受容性

歩車共存空間の沿道店舗ヒアリングの結果から、幅員が狭い歩車共存空間でのすれ違い時の事故防止のため、一般車の通行規制が必要といった意見が得られたほか、自動運転バス導入による周遊性向上や地域活性化への期待が高いことが窺えた。(表-4)

表-4 沿道店舗ヒアリングの主な結果

項目	主な意見
歩車共存空間での自動運転運行について	・一般車でさえも、歩車共存空間では運転判断に悩む。走行させるなら通行規制等の対応も必要になると思う。
地域活性化への期待	・実験期間中は観光客の方からも自動運転に関する質問を受けた。 ・自動車来訪者より、鉄道来訪者の行動範囲が狭い。自動運転導入により、市内の周遊が多くなれば望ましい。
その他	・沿道周辺店舗に事前説明があると観光客に対し説明が出来るため、地域の自動運転に対する受容性が高まる。

3) 手動介入の発生状況

走行環境特性等により区間を定義し(図-9)、手動介入の記録を行った。その結果、実験期間中487件(1kmあたり1.73回)の手動介入が発生した。手動介入の最多要因は「一般車の路上駐停車車両の検知・回避」で93件(約20%)となり、ほか、システムに起因する「GPS感度低下」が84件(17%)、「SLAM認識不良」が83件(17%)であった。

次頁表-5に特徴的な手動介入が見られた区間について走行環境の特性と手動介入の要因を示す。駅前ロータリーであるA・K・a区間では、駅利用者の待機場所として駐停車車両が多く、車両の検知・回避が発生した。橋梁上のI・c区間では、GPS精度が低下したうえ、幅員が狭く、対向車の接近による検知と回避が発生した。堤防上のH・d区間では建築物等の対象物が少ない空間であるため、自己位置の正確な推定が困難となりSLAMの認識不良が発生した。信号交差点等が含まれるG・e・g区間では、青時間残秒数・対向車両の動きにより、右折が困難となるため、交差点での道譲り等が発生した。歩車共存空間の1・m区間では幅員が狭いため、対向車の接近や荷下ろし等の駐停車車両による検知・回避が発生した。



図-9 手動介入発生状況調査区間

表-5 走行環境特性別の手動介入原因および考察

区間 環境 特性	A・K・a 駅ロータリー（JR足利 駅・東武足利市駅）	I・c 橋梁および対向車が近接 する幅員	H・d 堤防上の道路	G・e・g 信号交差点、 変形交差点	l・m 歩車共存空間
区間 の様子					
原因	路上駐車車両の 検知・回避	GPS感度低下	SLAM等の認識不良	交差点での道譲り、 先行車に対する制動	対向車の接近、路上駐停 車両の検知・回避
考察	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、一般車両の駐停車を 防止する対策が課題。	橋梁の鉄骨による電波の 遮蔽が発生しているうえ 、幅員が狭く、対向車の接 近による検知と回避が発 生。 自動走行を補助するイン フラ整備が課題。	建築物等対象物が少ない 空間において、トラック 等に視界が遮られた場合 、自己位置の正確な推定 が困難となるため、自動 走行を補助する技術導入 が課題。	信号交差点、クリアラン ス距離が大きい交差点は 、青時間残秒数・対向車 両の動きにより、右折が 困難となるため、インフ ラ連携による自動走行が 課題。	歩車共存空間では「対向 車の接近による検知・回 避」が最多であり、次に 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。一方 通行や速度制限等の交通 規制の導入が課題。

4. 結論

今回の実験では、事前の周知や安全対策等を行ったことで、多くの方に自動運転バスを利用していただけ、無事故で実験を実施することが出来た。また、地域住民等への展示会等を通じて、多くの方に自動運転バスを知っていただいたことで、社会的受容性の向上にも寄与したと考えられる。

自動運転バスに対する社会受容性に関しては、実験での乗車により自動運転バスに対する安心感は増加したものの、自動運転バスの無人運行については依然として約4割が不安であること、自動運転バスサービスに対する支払い意思額は既存のバスの運賃と同水準であることが分かった。

自動運転での走行に関しては、GPS精度が低い橋梁区間や路上駐停車が多く回避が必要な区間、道路幅員が狭く対向車との接近がある区間、交差点部など、自己位置の推定技術を活用できない走行環境や、信号の残秒数や車両回避後の対向車の挙動など予測が必要な走行環境下において手動介入が発生した。

5. 自動運転バス社会実装に向けた今後の課題

実証実験参加者へのアンケート・ヒアリング調査結果および手動介入発生状況調査結果から、自動運転バス社会実装に向けた今後の課題を以下の観点から抽出した。

(1) 自動運転バスに対する社会的受容性の観点について

今回の実験で乗車により自動運転バスに対する安心感は増加したものの、自動運転バスの無人運行については約4割の利用者が不安であると回答し、その理由として安全性や乗り心地、事故時の対応等が挙げられた。その課題に対する具体的な対応策として、走行安全性については、走行環境の整備や新技術の導入が必要であり、事故時の対応および車内の治安に対する不安感については、今回の実験で設置した遠隔モニターでの監視および操作等により、自動運

転バスの無人運行に対する利用者の安心感を向上させる必要がある。

(2) 自動運転バスサービスの持続性の観点について

自動運転バスの運賃を現状と同水準に設定した場合、運転士の無人化による人件費削減を提案しても、自動運転バスの導入や運行にかかるコストを考慮した収益性の確保が課題となる。その具体的な対応策として、地域の観光施設や沿道店舗と連携し、新たなビジネスモデルを構築する必要がある。

(3) 走行環境の整備に関する観点について

GPS等の電波状況が不安定な橋梁区間においては、GPSによる自己位置推定が出来なくとも、自動走行を補完できる技術導入が課題となる。その具体的な対応策として、LiDARで読み取ることが出来る高反射塗料の路面への塗布や、磁気マーカの設置等による、路側との連携により安定的に走行できる技術の導入が考えられる。また、通行空間が狭く、路上駐停車が多い駅前ロータリーや歩車共存空間においては、路上駐停車の規制や立ち入り車両の規制などの交通規制、沿道店舗への自動運転走行の周知により、路上駐停車の減少を目指す取組みの実施が考えられる。

謝辞: 本稿は令和7年度に栃木県内における自動運転バス運行の実装を目指し、栃木県県土整備部交通政策課が「栃木県ABCプロジェクト」として推進している実証実験の結果に基づくものです。実施にあたり、ご協力をいただきました栃木県、足利市をはじめとする関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 栃木県ABCプロジェクトHP 令和4年度第3回協議会資料 : http://abc-project.tochigi.jp/kyougi_R4_3.htm 1 2023/7/31 閲覧