

路車協調システムを活用した自動運転社会実験 ～富士吉田市におけるケーススタディ～

飯塚 隆寛

関東地方整備局 甲府河川国道事務所 計画課 (〒400-8578 山梨県甲府市緑が丘1-10-1)

自動車交通を取り巻く環境にて、交通事故や運転手の高齢化等の対策として自動運転技術が着目されており、汎用性の高い技術開発が急がれている。本稿では山梨県富士吉田市での自動運転社会実験において、道路インフラ側からの支援である、路車協調システムを活用した実証実験結果を報告する。富士急行線下吉田駅ロータリーにセンサを設置し、後続車や歩行者等の検知をし、自動運転バスの出発判断の支援をした。オペレーターへのヒアリング結果などから、路車協調システムの支援は一定の効果があつたが、今後、より様々な環境下においても実証実験を行いその精度、信頼度等を高め、より汎用性の高い技術開発を行う必要がある。

キーワード 自動運転、路車協調システム、LiDAR、社会実験、次世代モビリティ

1. はじめに

自動車交通を取り巻く環境において、「死亡事故の95%が運転者の違反に起因していること」、「不適切な車間距離や加減速により渋滞」、「トラックドライバーの高齢化」、「高齢者等への移動支援」などへの対応が問題¹⁾であり、自動運転技術の開発が急がれている。日本では、特定の条件下で運転を完全に自動化する「レベル4」の自動運転車の公道走行を許可する制度を盛り込んだ道路交通法改正案が2022年3月に閣議決定され、2023年5月には、福井県永平寺町で運行が行われた。このように自動運転の取り巻く環境は刻々と進化している。

自動運転に関する既存の報告²⁾では、武島らはR4年度スキルアップセミナーにて、自動運転車両に設置した計測器によるデータの集計結果と実験参加者のアンケート結果を報告している。さいたま新都心での実験結果では、対向車の検知、自転車、歩行者の横断による急挙動が複数回発生したとされ、乗車後のアンケートにおいても、停車が急であることから、歩行者や自転車と接近した際に最も不安を感じる人が多いという結果となったとしている。また、今後の課題として、都市部において道路インフラ側での走行支援の可能性、必要性を論じており、自動運転車両だけでなく、道路インフラ側からの支援についても整備の余地があると考えられる。

2. 背景

一般車や歩行者・自転車が混在する一般道でのレベル4の自動運転サービスの実現には、特に車載センサで把握が困難な交差点等において、道路交通状況を検知して自動運転車や遠隔監視室へ提供するインフラからの支援（路車協調システム）が必要である。さらには、車両の開発・普及状況に柔軟に対応可能な、汎用性の高いシス

テムの構築が必要とされ、様々な状況下における情報収集を行い、システムの技術基準の検討が急がれる。

本稿では、富士吉田市で実施した社会実験に関して、車両側のみでなく、路車協調システム、特にLiDARセンサを活用した自動運転バスのGO/STOPの判断結果や今後取り組むべき課題について整理、報告する。

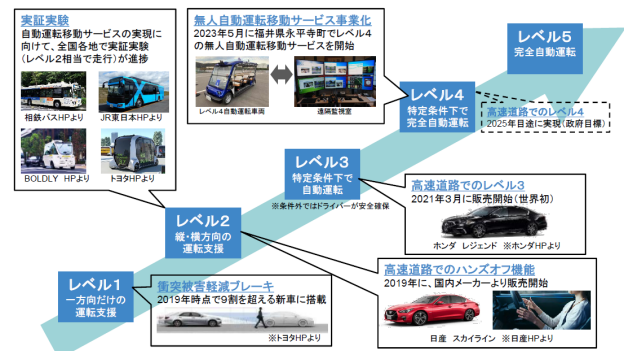


図-1 運転の自動化レベル

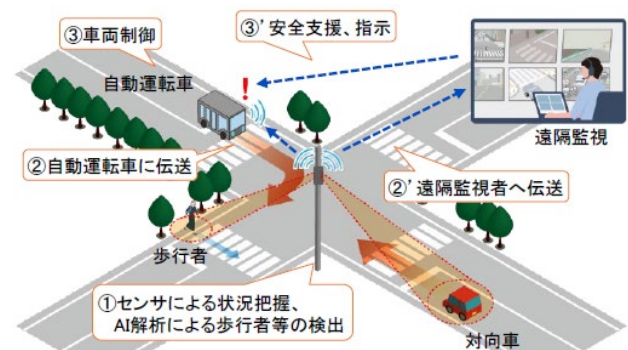


図-2 路車協調支援イメージ

3. 実証実験実施箇所、日程

(1) 運行概要

富士急行線下吉田駅から富士山側に向かって走る道、

「富士みち」（約2.1km）にて実施した。運行期間は令和5年10月21日～令和5年11月10日の計21日間であり、運行時間は10時～16時、運行便数は1日6便（1時間あたり1本）である。運行方式としては定時定路線の路線バス、であり、乗車人数はオペレータを含め11名であり、全員着座して乗車する。

（２）路車協調システム設置場所

富士急行線下吉田駅前ロータリーに路車協調システムを設置した。設置箇所周辺環境を図-3に示す。選定理由としては、ロータリー構造で多方面の車両の動きを把握する必要があり、車両単体での発車判断が困難と考えられること、また、富士急行線の特急停車駅であり、外国人観光客等が行き交い、車両のみでなく歩行者の接近情報についても得られやすい環境にあると推測されるためである。



図-3 システム設置箇所周辺環境

（３）使用センサ

使用するセンサの概要を表-1に示す。物標の検知を行うセンサはLiDARを使用した。LiDARセンサとは、レーザー光を発射し、反射光から物体までの距離等を検出するものである。カメラと比較すると外乱に強いが、色の識別は不可能である。なお、LiDARの検知範囲は図-5のとおりである。



図-4 機器設置状況

表-1 使用センサの概要

使用センサ	LiDAR
設置場所	既設の防災無線中へ添架
物標数	約50台（データ処理負荷により変動）
検知範囲	設置箇所から100m
種別	大型自動車、普通自動車、自動二輪車、歩行者
通信方式	ITSコネク（760MHz 帯 /V2I 直接通信）



図-4 機器設置状況



図-5 LiDAR検知範囲

4. 調査内容

本実証実験では、センサが検知・情報生成する際の精度、鮮度や信頼度を評価するとともに、自動運転車への手動介入変化や他の交通参加者の挙動変化等について調査し、交差点の効果や交差点センサに求める機能・要件等について整理することとなっているが、本稿では特にオペレータによる手動介入、他交通の急挙動有無の結果について記載し、自動運転バスのGO/STOPの判断について検証する。

（１）自動運転バスのオペレーション

はじめに、バス車内へのセンサ検知情報の通知方法について述べる。LiDARセンサにより検知した情報等はITS無線路側機、ITS無線車載器を用いてバス車内のスマートフォンに通知され、スマートフォンにてバスまでの

到達時間を計算し、判定結果を表示する。

次に、オペレーションの方法について記述する。

① オペレーターが目視で周囲の安全を確認

(A) 安全でない場合

周囲の安全が確認できるまで待機

(スマホの表示も確認し記録、センサーエリア内の障害物が原因で待機している場合、スマホ表示も赤になっているか確認する。)

(B) 安全を確認できた場合 ②へ

② 車内のスマホを確認

(ア) 赤表示の場合

目視でセンサー対象エリア障害物を確認し安全が確認できるまで待機

(スマホの表示が会っている確認、誤検知だった場合は目視優先で安全確認をし発車、その後誤検知を記録)

(イ) 青表示の場合 ③へ

③ 車内のディスプレイにて発車ボタンを押下

④ 車両が右ウィンカーを出して出発

以上の手順を踏み、発車を行う。

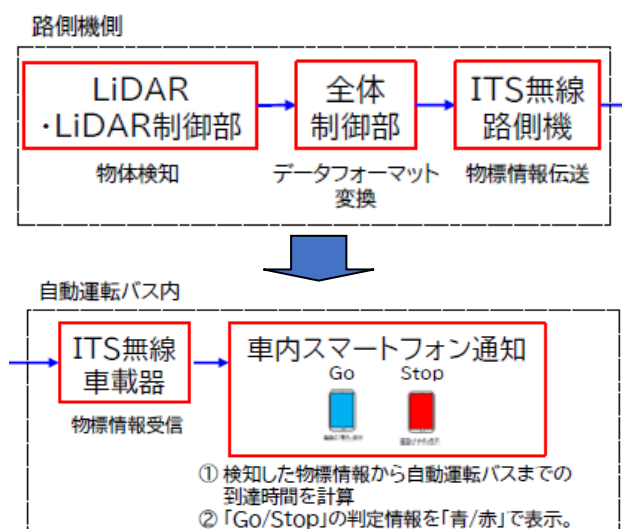


図-6 物体検知から車内通知までの流れ



図-7 車内の状況写真

(2) 有効性の検証

本実証実験では交差点センサにより生成、提供された情報の有効性について、自動運転車の手動介入変化や他の交通参加者の挙動変化等について調査を行う。本稿では以下2点の結果を報告をする。

(a) 他交通参加者の急挙動評価

路側カメラ映像をもとに自動運転バス発進直前に接近した他交通参加者の急挙動の有無を目視で確認する。

(b) ヒアリング調査結果

自動運転車について、安全性、円滑性等の観点からオペレーターにヒアリングを行う。

5. 結果

(1) 自動運転車への手動介入結果

実証実験を行った、計84便のうち8便に手動介入が発生した。しかし、これら手動介入が発生した8便は、いずれもシステム障害に起因しており、周辺の交通状況の誤検知やGo/Stopの誤判定による手動介入は発生していなかった。

(2) 有効性の検証

(a) 他交通参加者の急挙動評価

自動運転バス発進直前に通過した車両19台のうち1台に急挙動（急ブレーキ）が見られたが、自動運転バスは動いておらず、歩行者や対向車が要因となっている可能性が高い。また、他時間においても急挙動や衝突等の危険を伴う事象は見られなかったため、安全性は確保できている。

(b) ヒアリング結果

オペレーターへのヒアリング結果を表-2に示す。全般的に効果があると感じており、安全性の観点からは安全確認を十分に行うことが出来るとされており、円滑性の観点からも、安全確認が短時間に行うことが出来、スムーズな発車が出来たとされた。心理的、身体的負担も軽減され、良好な結果がでた。

表-2 ヒアリング結果

	質問	回答
全般	ロータリーのバス停から発車する際の路側機からの支援（通知）は、効果がある・役立っていると感じますか。	ある
安全性の観点	路側機が未設置であった期間（自動運転バス運行期間のうち10月21日（土）～27（金））で出発する際に感じた安全面での課題や問題などの状況について教えてください。	ロータリーは大型バスが多く停車しているため、南から右折して自動運転バスに接近してくる車両が観光バスの死角となっており目視確認できない状況がある。また、地元住民等は旅行速度が高い傾向にあるため、観光バスの死角から自動運転バスへの到達時間が短く、衝突の不安が

		あった。車両接近を確認する方向が多いことに加え、観光客を含めた歩行者も多いため、衝突を避けた安全な発車が難しい。
	路側機からの支援（通知）があった期間で、安全面の観点から効果があった、役だったと感じたことを教えてください。	路側機設置後は確認する方向（観光バスの死角方向）が減るため、他方向への安全確認を十分行うことができる。
円滑性の観点	路側機が未設置であった期間（自動運転バス運行期間のうち10月21日（土）～27（金））で、出発する際に感じた円滑面での課題や問題などの状況について教えてください。	路側機未設置時は、観光バスの死角を含め安全確認する方向が多いため、何度も安全確認を行う必要があったため、発車まで時間を要した。
	路側機からの支援（通知）があった期間で、安全面の観点から効果があった、役だったと感じたことを教えてください。	路側機設置後は目視で確認できないエリアから車両が接近しているか通知されるため、他方向への安全確認を短時間で行うことができ、スムーズな発車が出た。
心理的、身体的な実感	路側機からの支援（通知）があったことで、心理的な不安は減りましたか。	路側機設置後は死角から接近する車両を確認する必要がなくなり、不安等は軽減された。
	路側機からの支援（通知）があったことで、身体的な負担は減りましたか。	路側機未設置時は観光バスの死角からの車両有無を確認しながらの発車をしていましたが、設置後は進行方向（前方）を見ながらの発車が可能となった。なお、自動運転バスの後方は見通しが良いため、車両接近の確認を複数回行う必要はなかった。※身体的負担の軽減⇒身体的変化・行動の変化

6. まとめ

本実証実験を行った下吉田駅前ロータリーでは、オペレーターの判断による手動介入が発生する状況は起きな

かった。また、路側カメラから後日確認を行った、他交通の急挙動についても、自動運転バスが原因とした急挙動が発生していなかった。先の2つの側面から、LiDARセンサからの情報による自動運転バスのGO/STOPの判断についての問題は発生していないといえる。

7. 今後取り組んでいくべきこと

本実証実験としては、本来は、手動介入が発生し、その原因を突き止めることでより精度をあげることが想定されたが、その事象は起きなかった。また、オペレーターへのヒアリング結果からは、全体的に役立ったと意見を聞き取ることができ、オペレーターの負担が軽減したと考えられる。

今後、LiDARの検知情報の精度評価、物標情報の生成評価、処理時間等の評価を行い、それぞれ要因分析を行い、精度、鮮度、信頼度について検証が求められる。

また、本実証実験は、観光地としての特性からか、300名以上の外国人観光客が乗車した。しかし、路線の起点となる下吉田駅にはスタッフが常駐しており、外国語を交えながら、乗車方法等の説明をしていた。その効果もあつてか、大きな問題なく自動運転バスとしての実証実験も行っていた。

さらには、路車協調システムを活用した自動運転バスの実証実験は全国各地で行われており、多様な交差点での実験結果から路車協調システムの技術の確立を目指す必要がある。

将来的には、自動運転車両と道路上のインフラ協調・連携を推進し、自動運転レベル4を目指すことが非常に重要であるが、それと同時に利用者にとっても利用しやすいバスとなるよう、ソフト面での整備も必要となっていくと推察する。こうした自動運転バスの普及を目指す契機の一つにドライバー不足があり、将来的には確実に車内にスタッフ等がいらない状況を想定しているはずである。自動運転レベル4の場合でも、特定の条件下では無人運転となり、車内には利用者以外は不在になるため、1人でも乗車が可能となることを目指し、自動運転サービスの推進が望まれる。

参考文献

- 1) 国土交通省 自動車局 自動運転の実現に向けた取り組みについて
<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001609155.pdf>
- 2) 関東地方整備局道路部道路計画第二課 次世代モビリティサービス実証実験と今後の交通拠点のあり方 令和4年度スキルアップセミナー関東