

自動運転トローイングトラクター 実証実験結果

日本航空株式会社



JAPAN AIRLINES

自動運転トーイングトラクター レベル4に向けた実証実験報告

日本航空株式会社
グランドハンドリング企画部
2024年3月25日

目次

1. 実証実験の取組みについて
2. 実験概要
3. 結果
4. 考察
5. まとめ
6. 次回実証実験の計画

1. 実証実験の取組みについて

【これまでの実証実験の取組み状況】

- 2021年：レベル3実用化に向け取組み開始
- 2022年4月6日～6月29日：レベル4に向けた実証実験実施（ソフトウェアVer.11による性能検証）
- 2022年5月25日：レベル3（安全監視者添乗）にて実運用開始
→成田空港 第2ターミナル本館からサテライトへの長尺手荷物搬送
- 2023年2月1日～3月3日：レベル4に向けた実証実験実施（ソフトウェアVer.13による日中帯での性能検証）

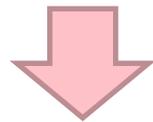


【これまでの実証実験にて発生した課題】

- ①交差点の合流精度
- ②雨天など荒天時における走行品質の向上

【今回の実証実験の目的（2023年10月18日～11月10日）】

- ①交差点の合流精度検証のため交通量ピーク帯である夜間（17時～20時）での走行データ取得
- ②雨天など荒天時における走行データを取得し、改善点を洗出すことで走行品質の向上を図る



【結論】

- ・交通ルールの整備を行えば、交差点での合流精度の課題は解決可能
- ・夜間且つ雨天時には自動運転が不可能であると判明したため、ハード・ソフトの技術革新を期待し引き続き課題として対応する

2. 実験概要

※2023年2月1日～3月3日実施のレベル4に向けた実証実験から変更なし

実験環境

走行ルート	成田空港 第2旅客ターミナル本館南ソーティング⇔サテライトターミナルソーティング
走行距離	往復約1.2km
走行条件	以下の気象条件を目安とし、気象状況による走行への影響が確認された段階で、手動運転への移行、および自動運転の再開を自動運転車両運転者の判断により行うものとする ① 降雨 : 3mm/h以下 ② 降雪 : 弱い雪を上限とし、路面状況等により実施者が判断 ③ 風 : 20km/h (≒10KT) 以下 ④ 視程 : 200m以上

車両諸元

W×L×H	1.84m×3.20m×2.05m	
重量	4,070kg	
制御	車両自律型 (自己位置推定) ・Odometry ・IMU ・LiDAR ・GNSS	
ソフトウェア	Ver.13	
交差点における他車両の認識範囲		平均35m以上
カーブ走行時の速度		平均10km/h
交差点で一旦停止後の再加速		1.0m/s ²

性能目標

安全	自動走行の際、経路からの逸脱
	自動走行の際、自己位置情報の喪失
	ソフト、ハード起因の車両故障 (復帰不可)
品質	ソフト、ハードの不具合による停止
	車両およびシステムによる走行停止
	システムの障害物誤検知による停止
運用	遠隔監視者のコントロールの成功率
	障害物検知以外での停止
	障害物クリア時の走行再開 (自動)



- ★ : サテライトターミナルソーティング
- ★ : 第2旅客ターミナル本館南ソーティング

3.結果

走行実績

	今回	前回
実施期間	2023年10月18日～11月10日（夜間ピーク帯17:00～20:00）	2023年2月1日～3月3日（日中帯のみ）
総走行回数	121往復	71.5往復
総走行時間	20時間5分	10時間25分
総走行距離	約145km	約86km

性能目標に対する結果

項目		Ver.13（夜間）2023年10月18日～11月10日	Ver.13（日中）2023年2月1日～3月3日
安全	自動走行の際、経路からの逸脱	○	○
	自動走行の際、自己位置情報の喪失	○	○
	ソフト、ハード起因の車両故障（復帰不可）	○	○
品質	ソフト、ハードの不具合による停止	○	○
	車両およびシステムによる走行停止	×	×
	システムの障害物誤検知による停止	×	○
	遠隔監視者のコントロールの成功率	○	○
運用	障害物検知以外での停止	○	○
	障害物クリア時の走行再開（自動）	○	○

4. 考察

性能目標に対する解析

項目		Ver.13 (夜間)	解析結果
品質	車両およびシステムによる走行停止	×	①他車の速度超過により、ODD外のため検知ができず接近し添乗者による緊急停止 (8回) ②対向車が立っていて交差点に進入してくると接近してしまうため添乗者による緊急停止 (11回) ③自動運転車両同士で正面お見合い (1回)

※ODD外：対向車の制限速度超過 (15km/h以上)

各交差点毎の添乗者による緊急停止回数の前回比較

前回実証実験結果 全71.5往復走行実績

交差点	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
発生回数	0	0	1	0	0	0	0	1	0	4	0	1
割合(%)	0	0	14.3	0	0	0	0	14.3	0	57.1	0	14.3
1走行あたりの発生割合(%)	0	0	1.3	0	0	0	0	1.3	0	5.5	0	1.3



今回実証実験結果 全121往復走行実績

交差点	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
発生回数	0	0	3	0	0	0	0	2	0	11	0	3
割合(%)	0	0	15.8	0	0	0	0	10.5	0	57.9	0	15.8
1走行あたりの発生割合(%)	0	0	2.5	0	0	0	0	1.7	0	9.1	0	2.5



【①, ②考察】

- ・交差点合流精度の課題としては「C, H, J, L」と前回同様の結果となった
- ・「C, H, J, L」のいずれも1走行あたりの発生割合が増加しているが、交通量による影響と推察

【③考察】

- ・今後、自動運転車が共存する環境となった場合に課題となる

4.考察

性能目標に対するデータ解析

項目	Ver.13 (夜間)	データ解析結果
品質	システムの障害物誤検知による停止	④夜間且つ雨の条件下で自動運転モード入れるも走行せず (8回)

【④考察】

- ・夜間且つ雨の条件下で交差点「C, K, L」に進入する際、他車いない状況で進行せず
雨による光の乱反射がLiDARに影響を及ぼしていると推察



4. 考察_参考写真

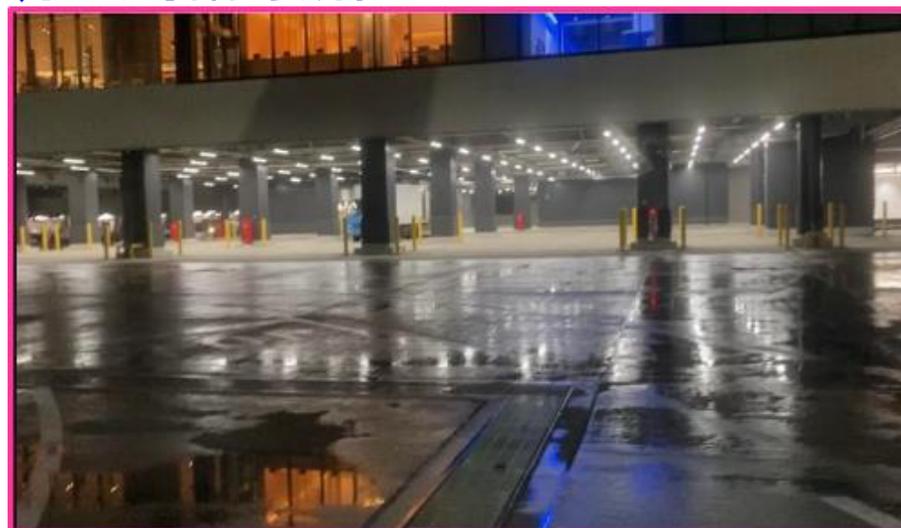
【④考察】

・夜間目づ雨の条件下で交差点「C, K, L」に進入する際、他車いない状況で進行せず
 雨による光の乱反射がLiDARに影響を及ぼしていると推察



↑【交差点K】車両からの光景

↓【交差点C】車両からの光景



5.まとめ

結果まとめと対策立案

	項目	結果	考察	対策案
品質	車両およびシステムによる走行停止	①他車の速度超過により、ODD外のため検知ができず接近し添乗者による緊急停止	<ul style="list-style-type: none"> ・交差点合流精度の課題としては「C, H, J, L」と前回同様の結果となった ・「C, H, J, L」のいずれも1走行あたりの発生割合が増加しているが、交通量による影響と推察 	他車両の交通ルール遵守の徹底 (前回実証実験時に提題済)
		②対向車が立続いて交差点に進入してくると接近してしまうため添乗者による緊急停止		自動運転車が優先となるルール策定 (前回実証実験時に提題済)
	システムの障害物誤検知による停止	④夜間且つ雨の条件下で自動運転モード入れるも走行せず	夜間且つ雨の条件下で交差点「C, K, L」に進入する際、他車いない状況で進行せず、雨による光の乱反射がLiDARに影響を及ぼしていると推察	ハード、ソフトの性能向上



【結論】

- ・交通ルールの整備を行えば、交差点での合流精度の課題は解決可能
- ・夜間且つ雨天時には自動運転が不可能であると判明したため、ハード・ソフトの技術革新を期待し引続き課題として対応する

6.次回実証実験の計画

自動運転の進捗状況

自動運転レベル	ドライバー（添乗者）	遠隔監視者	遠隔リモコン	運用説明
レベル3	あり	なし（実装は済）	なし	ドライバー（添乗者）による常時監視。
プリレベル4	なし	あり	あり	遠隔リモコン（※）を備えた車による追従監視。 走行ルート側道に監視人員を配置。
レベル4	なし	あり	あり	無人での完全自動運転。遠隔監視者のみ。

【次回（予定4月～5月頃）、実証実験の想定】

ドライバーが搭乗した状態での実証実験が完了したことから、完全自動運転とされるレベル4へ移行したいが過渡期対応として事前段階（プリレベル4）を設けることとする。

プリレベル4では、ドライバーは搭乗しないものの、遠隔リモコン（※）を備えた車を準備し、自動運転車を追従することで監視を行う。

さらに、走行ルート側道に監視人員を配置することで、交通ルールの整備と異常発生時の対処に備える。
なお、レベル3からプリレベル4への移行に際し、自動運転車の変更/更新はハード・ソフト共に行わない。

【（※）遠隔リモコン】
リモコン操作により、
自動運転車の緊急停止が可能
（自動運転車1台につき1本）

