

ランプバスの導入に向けた進捗について

国土交通省航空局

令和2年12月

空港制限区域内の自動走行に係る実証実験 レベル3導入に向けた進捗報告



全日本空輸株式会社
先進モビリティ株式会社
BOLDLY株式会社

令和2年12月14日

1. 実験車両概要

1. 実験車両概要



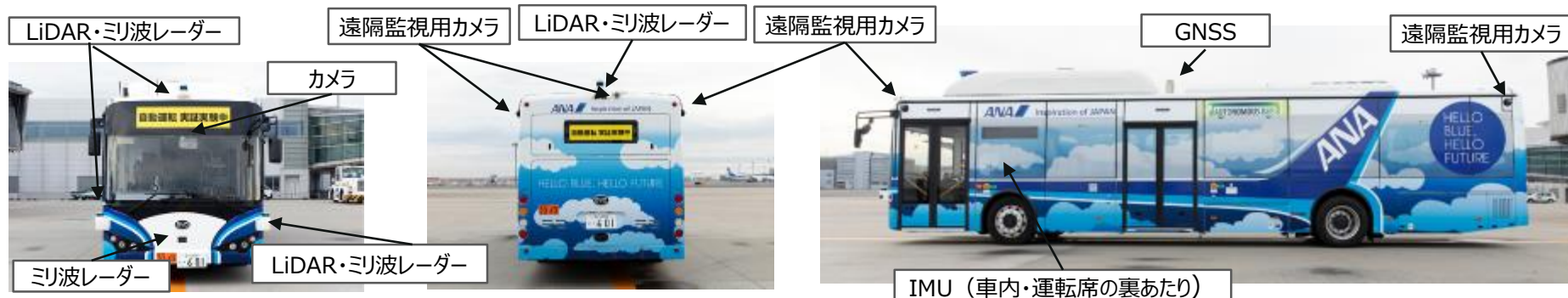
使用車両	BYD社製・K9RA
乗車定員	57名（着席26名、立席31名）
全長／全幅／全高 (m)	12.0／2.65／3.40
車両重量	13,820kg
ハンドル有無	有

走行制御技術の概要

- 車両自律型
- GNSS、SLAM、慣性航法（ジャイロセンサ・車速）から自己位置を推定
- LiDAR、ミリ波レーダーにより車両周辺の障害物・車両人を検知
- 遠隔による発車および緊急停止機能搭載

センサ等の概要

- LiDAR 計4基
- ミリ波レーダー 計5基
- IMU 計1基
- GNSS 計1基
- カメラ 計1基
- 遠隔監視用カメラ 計14基
(車外5基・車内9基)



2. 実証実験結果

2. 実証実験結果 (2020年1月)

1) 実証実験概要

実施日時	2020年1月22日(水)～1月31日(金) 12:00～15:00 1月23日,24日(夜間検証有)	
実施場所	東京国際空港(羽田空港)	
走行ルート	第2ターミナル 制限区域内 北乗降場～#65スポット付近～北乗降場 (一周約1.9km)	



2) 実績

		1/22(水)	1/23(木)	1/24(金)	1/27(月)	1/28(火)	1/29(水)	1/30(木)	1/31(金)	合計
走行回数(回)		9	12	13	9	3	4	4	3	57
乗車人数(人)		—	—	—	—	23	22	49	44	138
走行距離 (Km)	自動	30.5	35.7	47.0	21.1	27.1	24.9	26.4	24.4	237.1(91%)
	手動	5.1	3.5	1.4	3.0	0.1	1.8	1.5	6.4	22.8(9%)
	合計	35.6	39.2	48.4	24.1	27.2	26.7	27.9	30.8	259.9

3) 成果

- 要素技術** : 1) SLAM技術の活用を初めて試み、空港内での走行状態を確認することができた。
2) 複数の自己位置推定技術(SLAM/GNSS/慣性航法)が連携し、様々な走行環境においても切り替えがスムーズに実施できることを確認。
- 走行環境** : 夜間や多少の雨であれば、晴れの日と同等レベルでの走行ができることを確認。
- 受容/協調** : 他事業者へのアンケートでは、多くの事業者より自動走行に対する信頼性や安全性に対して高い評価を獲得。
- 快適性等** : 試乗アンケートで静寂性に優れ発進や停車時また加速時において概ねスムーズであったとの高い評価を獲得。

2. 実証実験結果 (2020年1月)


4) 課題

技術面：予定していない**手動操作が1 km当たり2.3回発生**。その約6割は自己位置推定技術の精度に起因しており、中でも今回初めて活用した**SLAMの安定性に課題**。また約4割は車両技術以外に起因するものであり、並行して運用ルールの整備が必要。

運用面：定員人数乗車時の車両挙動や試験運用を想定している全コースの自動走行等一部項目において検証が未実施。

予定していない手動操作


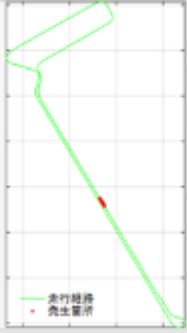
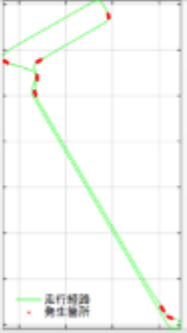
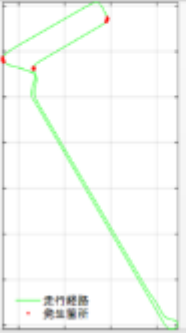
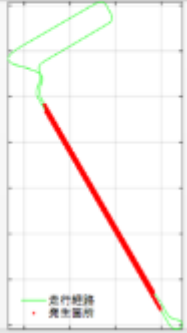
- ✓ 期間中に発生した「予定していない手動操作」が発生した事象について、まずは「**車両技術に起因**」と「**車両技術以外の起因**」の大きく2つ分類し、特に車両技術に起因している事象を4つに分類し分析。
- ✓ 車両技術に起因した事象における主な要因は、分析の結果**自己位置推定精度の低下により発生**していることを確認しており、複数ある自己位置認識(SLAM/GNSS/慣性航法)の中でも**主にSLAMの精度に起因**していることを確認。
- ✓ **SLAMの精度向上**のみならず**SLAM以外の自己位置推定技術についても更なる精度の向上と多重化の強化**が必要。
- ✓ 車両技術以外に起因した事象については、その多くは車両通行帯上にある駐車車両を回避するための手動操作等のような安全を担保するための手動介入となっており、運用ルールの整備等により解決が可能。

予定していない手動操作の内訳				主な要因	今後の進め方
車両技術に起因した事象	不要な加速	1.6% (01回)	60.3% (61回)	自己位置推定精度の低下 	自己位置推定技術のレベルアップ SLAMを中心とした自己位置推定技術の精度と連携の向上
	車線逸脱	45.9% (28回)			
	ACC誤検知	13.1% (08回)			
	継続的な横位置のずれ	39.3% (24回)			
車両技術以外に起因した事象	39.6% (40回)		安全を担保する為に、運転手判断で行った操作	運用ルールWGを通じた運用ルール整備	

2. 実証実験結果 (2020年1月)

4) 課題

発生事象概要

事象	速度誤検知	車線逸脱	ACC誤検知	直進時のズレ
発生箇所	63番SPOT付近直線部	1. 右左折をする際の交差点部 2. 66番SPOT転回場	右左折をする際の交差点部	走行経路上における直線箇所
				
発生内容	自動運転中に加速し、速度設定値を超えて走行	1. 右左折時の本来の走行箇所から大回りして曲がる 2. 転回場右側の構造物側に大きく寄り走行	反対車線に停止中の車両を障害物と誤認識し、自車両が停止	本来走行すべき箇所から左にずれて走行
発生回数	1回	1. 26回 2. 2回	8回	57回
手動操作回数	1回	1. 26回 2. 2回	8回	24回
要因	GNSSセンサ の不調による車速計測精度が低下	SLAM の精度低下による、慣性航法へ移行 (自己位置推定方法の切り替わり)	障害物検知は機能しているものの 自己位置推定精度 の低下により、障害物認識位置精度に誤差	SLAM が使用する点群地図の実経路に対する誤差

✓ 全ての発生事象について、自己位置推定技術(GNSS/SLAM/慣性航法)が起因して発生。

2. 実証実験結果 (2020年1月)

	項目	課題	対応方針
技術	自己位置推定	① GNSSセンサ不調による車速計測精度の低下	<ul style="list-style-type: none"> 車輪速を参考値としGNSS速度の状態を常に監視し、参考値との差異に対してブレーキ及びアクセルを介入させる仕組みの構築。
		② SLAMの精度低下による慣性航法への移行(自己位置推定方法の切り替わり)	<ul style="list-style-type: none"> 慣性航法の精度向上 <ul style="list-style-type: none"> 高精度ジャイロセンサの導入 自己位置算出ロジックの高度化 SLAMの精度低下が発生する兆候が確認された場合その精度状況を視認できるシステムの構築
		③ 自己位置精度の低下により発生した、障害物認識位置精度の誤差	<ul style="list-style-type: none"> 慣性航法の精度向上 <ul style="list-style-type: none"> 高精度ジャイロセンサの導入 自己位置算出ロジックの高度化
		④ SLAMが使用する点群地図の実経路に対する誤差	<ul style="list-style-type: none"> SLAMの点群地図に基づいて目標軌跡(目標となるルート情報)を作成し直線部のズレを緩和させる。 メーカー作成の高精度3次元地図の活用。
運用	走行環境	様々な気象条件(荒天含め)における自己位置推定精度に与える影響や自動走行の可否	<ul style="list-style-type: none"> 長期的な運用の中で検証を実施。
		車両定員数(57名)乗車時における挙動確認	<ul style="list-style-type: none"> 試験運用までに検証を実施。
		試験運用想定ルート全体での自動走行確認	<ul style="list-style-type: none"> 国際線部供用開始以降に検証を実施。
	自動運転技術	技術員への依存度	<ul style="list-style-type: none"> 自動走行に関する機器操作の簡易化と手順確立。
	ドライバー(Lv.3)	自動運転車両に関する知識・経験	<ul style="list-style-type: none"> 実際の車両を操作する習熟期間の設定。


上記課題に対する対応の進捗を踏まえ、2021年1月～2月の試験運用の実施可否を判断

3. 2020年度实施内容

3. 2020年度実施内容

① 検証走行実施（11月～12月）

前回の実証実験における車両技術に起因した車線逸脱や直線時のズレ等の事象について、高精度3Dマップを使用することで再発することがないか走行して検証し、試験運用の実施可否を判断する。

前回実証実験における予定していない手動操作の内訳				主な要因
車両技術に起因した事象	速度誤検知	1.6% (01回)	60.3% (61回)	自己位置推定精度の低下  SLAM点群MAP ※ 元のSLAM点群MAPと、現在の点群MAPを重ね合わせたもの
	車線逸脱	45.9% (28回)		
	ACC誤検知	13.1% (08回)		
	直線時のズレ	39.3% (24回)		
車両技術以外に起因した事象		39.6% (40回)		安全を担保する為に、運転手判断で行った操作



今回検証内容

自己位置推定の精度向上のため、高精度3Dマップを制作頂いたルートにて高精度3Dマップを使用し、車両技術に起因した事象が再発しないか、他技術との連携が向上され安定した自動走行が実施できるかを検証する



3. 2020年度実施内容

②試験運用（2月予定）

目的	高精度3Dマップを使用したレベル3相当の自動運転による輸送
使用車両	BYD製 K9RA（自動運転バス）
運転手	ANAASランプサービス部送迎サービス課社員 （先進モビリティ社員が技術員として同乗。2021年1月に自動運転訓練を予定）
遠隔監視	遠隔監視にてドア開閉、発車指示を行う。BOLDLY社員が遠隔監視室より実施。
コース	第2ターミナル建屋沿いを8の字に運行するルート
運行時間	日中時間帯を予定

