

# 自動運転トローイングトラクター 実証実験結果

---

AiRO株式会社

第17回空港制限区域内における自動走行の実現に向けた検討委員会  
AiRO株式会社 羽田空港での実証実験結果報告



AiRO株式会社  
2024年3月25日（月）

# 検証概要

実施日時	2023年10月～11月
実施場所	東京国際空港（羽田空港）
走行ルート	東貨物地区～西貨物地区ルート 国内線～国際線ルート
使用車両	RoboCar Tractor 25T
牽引コンテナ数	6台
自動運転レベル	Lv.3
実施者	AiRO株式会社
協力会社	日本航空株式会社

## 本検証の目的



1. 東西貨物ルート実運用可否判断
2. ノーストンネル内の自動走行検証

<走行ルート>



<車両外観>

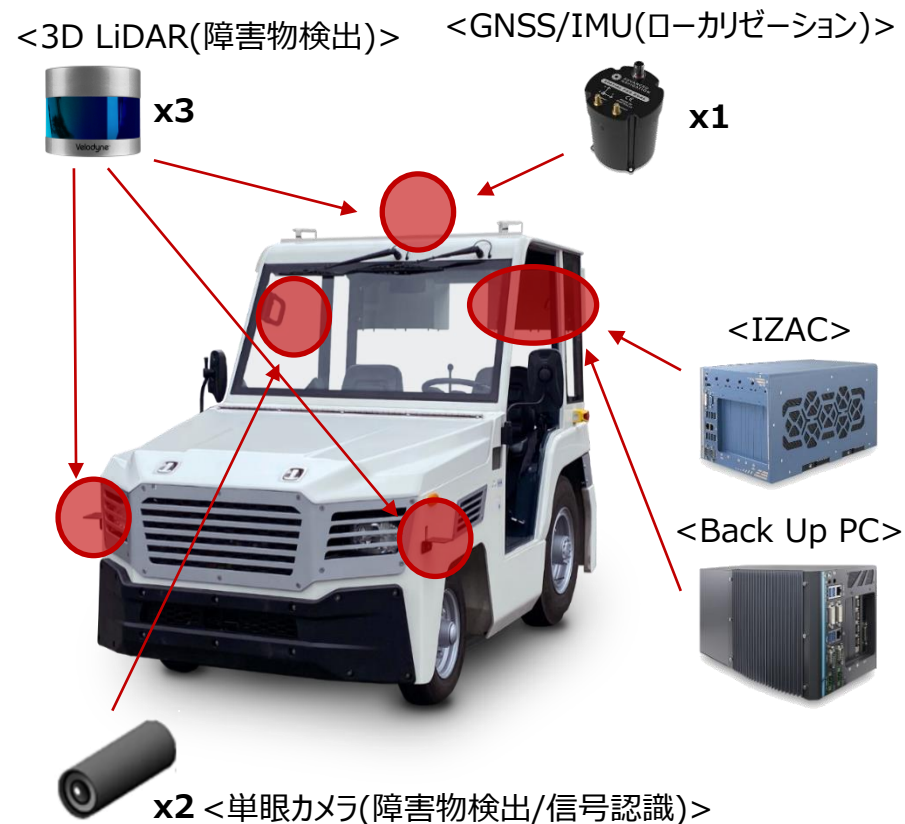


<遠隔監視>



# 車両概要・機能

スペック	
車両名称	RoboCar Tractor 25T (ベース車両：Guangtai社製EV牽引車)
サイズ	3.20m x 1.70m x 2.45m (センサー込み、全長x幅x高さ)
最大牽引力	25トン
走行速度	最大25km/h
走行可能距離	満充電時：245km
満充電時間	急速充電：1時間以内
マニュアル運転	可能
センサー	3D-LiDAR x 3、単眼カメラ x 2、GNSS/IMU x 1
自動運転機能	
“認知”	3次元自己位置推定、信号・周辺車両認識、経路生成、 レーン認識、レーン合流
“判断”	車間距離制御(ACC)、経路追従、周辺歩行者認識、車両 回避、レーン合流
“制御”	自動ブレーキ(駐車)、レーンチェンジ、右左折/一旦停止
安全機能	リアルタイム監視機能



# 実証実験走行結果 – 自動走行まとめ

<p>走行日</p>	<p>計10日間</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 10/31(火) 25:00-28:00</li> <li>➤ 11/3(金) 25:00-28:00</li> <li>➤ 11/6(月) 25:00-28:00</li> <li>➤ 11/8(水) 25:00-28:00</li> <li>➤ 11/10(金) 25:00-28:00</li> <li>➤ 11/13(月) 12:00-15:00</li> <li>➤ 11/15(水) 12:00-15:00</li> <li>➤ 11/18(日) 12:00-15:00</li> <li>➤ 11/20(月) 25:00-28:00</li> <li>➤ 11/22(水) 12:00-15:00</li> <li>➤ 11/24(金) 12:00-15:00</li> <li>➤ 11/25(土) 12:00-15:00</li> </ul>
<p>走行ルート</p>	<p>東西貨物ルートのみ：10/31、11/3、11/13          東西貨物ルート&amp;内際貨物ルート：11/6、11/8、11/10、11/15、11/18、11/20、11/22、11/24、11/25</p>
<p>総走行回数 (自動運転)</p>	<p>東西貨物ルート：34.5往復          内際貨物ルート：16往復</p>
<p>総走行距離</p>	<p>135.95km</p>
<p>オーバーライド回数</p>	<p>65回</p>
<p>検証結果</p>	<p><b>1.東西貨物ルートの走行について</b></p> <p>⇒AiROとしては2022年2月に実施した手動でのデータ取得以来の走行。自動走行は初めて実施（ベース車両を変更）。</p> <p>⇒実証実験前半ではP.7で説明の通り始/終点エリア（駐車場所への入構）、停止線での誤検知などオーバーライドは発生したものの、パラメーター変更などシステムに微調整を加えたことで、検証後半にかけてオーバーライドの数は格段に減少した。</p> <p>⇒航空機誘導路中間地点における停止線においては、今回ドライバーが目視で安全確認→自動運転再開で対応。引き続きWGなどで調整を図り、2025年中のレベル4実現に向けて検証を続けていきたい。</p> <p><b>2.ノーストンネル内の走行について</b></p> <p>⇒羽田空港におけるトンネル内走行は初めての取り組み。国内線側入り口付近では実証実験中も継続実施していたターミナル延長工事の影響で、日々バリケードや安全コーンの場所、車線規制が発生していた為、注意を要した。</p> <p>⇒複数回、オーバーライド無しでのトンネル内走行を実施できたため、一定の成果を得ることができた一方、自己位置推定の算出結果などで課題が残った。</p>

## 実証実験走行結果 – 今後の課題

### 1 誤った自己位置推定結果

トンネル内においては、GPSが遮断されるため、他複数の手法を用いて実証を行い、想定通りの自動走行ができたラウンドもあったものの、一部精度が悪くなる場面も見られた。  
更に別の自己位置推定方法を追加することも含めて検討を行う。

### 2 緊急車両の検知

安全なLv.3実証実験の実施体制にはドライバーが定期的に（車両停止時など）入念な目視による後方確認が必要、マニュアルでの対応が必要。（コンテナが前後に動く音、コンテナが死角になり、後方車両が隠れてしまうなどの課題を収集した）

### 3 工事区画への対応

国内線側での工事に伴って、事前に作成していた3Dマップが実際の走行可能ルートと一致していない箇所があった。  
今後も工事によって車線規制等が発生する可能性があり、3Dマップへの即時反映が課題。

### 4 サービスレーンの確認

航空機誘導路中間地点における停止線においては、今回ドライバーが目視で安全確認→自動運転再開で対応。共通インフラ（カメラ）の活用が不可欠。

### 5 渋滞の発生

実証ルート上の上り/下り坂など制限速度が変わる特有の場所において、後続車両が渋滞するケースが発生した。



# 11/27(月)走行中に起こった事故について (概要)

## ➤発生日時

2023年11月27日(月)14時12分頃

## ➤発生場所

東京国際空港（羽田空港）ノーストンネル内

## ➤発生経緯

14:06頃

内陸ルートの出発地点である

#24 番スポット付近より自動運転開始

14:10頃

ノーストンネルの国内線側出口の信号機前で一時停止、  
マニュアル走行にて再始動、  
トンネル手前の下り坂にてマニュアル走行しながら  
自動運転モードに切り替えを実施

14:12頃

ノーストンネルを国内線側から進入し約200m弱進んだ  
地点まで順調に自動運転を継続していたものの、  
システム上で自己位置推定結果を誤検知。  
ハンドルが大きく左側に操舵されトンネル内の左側に接触



時	分	秒	内容
14	12	43	ノーストンネルを国内線側から進入し約200m地点、 <u>ステアリングが急に大きく左に切られた</u>
14	12	43.5	ステアリングの舵角がピークを向かえ、その後元に戻り始める
14	12	44.0	ステアリング角がほぼ0度に戻る同時に車体の一部 <u>(左LiDAR)が壁に接触、直後に急減速を始める</u>
14	12	44.5	接触位置から約2m進行方向に進んだ位置で車両がほぼ停止



急操舵⇒左側壁と接触  
まで約1.0秒

トンネル内を正しく直線で自動走行していたものの、システム上の自己位置が大きく右側にジャンプ



車両が元のルートの戻ろうと大きく左側に急旋回（最大角度：14.6度）



ドライバーのオーバーライドが間に合わずトンネル内左側壁と接触（接触時の車両速度：14.6km/h）

# 11/27(月)走行中に起こった事故について（原因と対策）

## <事故の原因>

### ✓ 直接的な原因

⇒誤った自己位置推定によって正しい走行位置よりも大きく右側を走行しているとシステムが誤認識した

### ✓ 間接的な原因

①精度の低い自己位置推定結果が導かれた際の、内部制御機能がなかった

②急操舵に対する制御機能がなかった（現在の運用では急操舵による危機回避は不要と認識）

③ドライバーの介入が間に合わなかった

## 対応策

信頼性の高い自己位置  
推定結果を利用する



## 具体的な実行案

- ・ 自己位置推定の結果統合時に信頼度の低い自己位置推定結果は採択しないようにパラメータ変更を行う
- ・ 自己位置推定結果を監視し、連続性がないなど妥当性の低い自己位置推定結果が得られた場合は異常値として判断し車両を停止させる機能を追加する

急操舵  
しない仕様にする



- ・ 急激なステアリング制御値を監視し、異常値として判断、急操舵させずに車両を停止させる機能を追加する

オーバーライド  
機能拡充



- ・ 運転手の操作量検出のためトルクセンサーをステアリングシャフトに搭載する
- ・ 設定した値以上のトルク入力を検知した際、自動運転から手動運転に切り替え、即座に運転手の操作に従うような設計とする



# 今後の実証

前頁で記載の追加安全対策を実施の上で、2024年度上半期中の再実証実験を目指す

実施場所	羽田空港 制限区域内
走行ルート	東西貨物搬送ルート、内際貨物搬送ルート
自動運転レベル	Lv.3（運転席にドライバー乗車）
検証項目	Lv.3追加安全機能の検証 Lv.4運用に向けた遠隔操作の検証（停止と発進のみ）

<スケジュール（今後要調整）>

