

# 本邦空港内におけるレベル4自動運転車両 走行実現に向けた取り組み

(公財) 航空輸送技術研究センター (ATEC) 技術部



小寺 佑季

日本航空株式会社 グランドハンドリング企画部 GSEグループ

金子 誠

©ATEC, ALL rights reserved.

## 本邦における今までの検討状況

分野	例	2020年		2025年	
		フェーズⅠ 省力化 (実証実験)	フェーズⅡ 省力化 (試験運用・導入)	フェーズⅢ 自動化 (実証実験)	フェーズⅣ 自動化 (試験運用・導入)
旅客		自動運転レベル3相当 (条件付自動運転 (限定領域))	自動運転レベル3相当 (条件付自動運転 (限定領域))	自動運転レベル4相当 (自動運転 (限定領域))	自動運転レベル4相当 (自動運転 (限定領域))
		☆ 2018年度 仙台/成田/羽田/中部 ☆ 2019年度 羽田/中部	★ 2020年度 羽田	☆ 2021年度～ レベル4相当 実証実験	☆ 2025年 レベル4相当 導入
手荷物 貨物		自動運転レベル3相当 (条件付自動運転 (限定領域))	自動運転レベル3相当 (条件付自動運転 (限定領域))	自動運転レベル4相当 (自動運転 (限定領域))	自動運転レベル4相当 (自動運転 (限定領域))
		☆ 2019年度 成田/中部/佐賀 ☆ 2020年度 羽田/成田/佐賀	★ 2020年度 佐賀	☆ 2021年度～ レベル4相当 実証実験	☆ 2025年 レベル4相当 導入
【凡例】 2021.3時点 ☆ 実証実験実施 ★ 試験運用実施 (実際の従業員や手荷物等を輸送) ◎ 導入・実運用開始		2019年度～ 共通インフラの整備 ◎ 2020年度 羽田 磁気マーカー敷設、3Dマップ作成 2019年度～ 運用ルールの見直し ◎ 2020年度 空港運用業務指針改正			

第8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資料より引用

©ATEC, ALL rights reserved.

## 「レベル4自動運転」の定義

### • 空港における「自動運転レベル4の定義」（案）

検討委員会では「車両開発事業者、運行事業者、空港管理者等の関係者間で合意した限定領域（ODD）を前提として、運転者が介在せずに対応可能なシステム。」と定義。

（第9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資料より引用）

### • （参考）SAE-米国自動車技術者協会による「自動運転レベル4」の定義

運転自動化システムが全ての動的運転タスク及び作動継続が困難な場合への応答を限定領域（ODD）において持続的に実行。

作動継続が困難な場合、利用者が介入の要求に応答することは期待されない。

※ODD=Operational Design Domain（運行設計領域等）

自動運転システムが正常に作動する前提となる設計上の走行環境に係る特有の条件のこと

# ATEC-諸外国における空港制限区域内の運用に係る基準等に関する調査・研究WGにおける調査・議論状況（令和3年度）

- 海外調査
  - 香港での実証実験の概要を調査（後述）
  - その他、諸外国の実証実験状況についても調査
- 国内調査
  - 空港と環境が類似した閉鎖環境である工場内における自動運転導入状況を調査
    - 自動運転車両/有人車両の優先順位
    - 遠隔操作の範囲や機能、また車両故障時の対応
    - 交差点走行における状況確認
    - インフラ整備状況
    - その他
- WG内での議論内容
  - 海外/国内調査状況を踏まえて以下について議論を実施
    - 車両走行帯での自動運転車両の優先順位
    - 不測の事態（車両故障等）が発生した場合の対応方法
    - 空港内事故発生時における緊急車両への対応方法
    - 航空機交差が発生するエリアでの走行



R4年度も引き続きWGを継続し、海外調査や本邦への導入において課題となる上記4点について継続した調査・議論を行うこととした。

# ATEC-諸外国における空港制限区域内の運用に係る基準等に関する調査・研究WGにおける調査・議論状況（令和4年度）



- 海外調査

- フランスでの実証実験の概要を調査（後述）
- 合わせて、諸外国の実証実験状況についても調査



WGで確認できる範囲では、本邦と同等、またはそれ以上に導入が進んでいる国が無いことを確認した。（調査は継続）

- WG内での議論内容

- 2025年にANA/JALがレベル4自動運転車両導入を予定している走行ルートにおける以下課題に関する議論
  - ・ 車両走行帯での自動運転車両の優先順位（信号機設置要否含め）
  - ・ 不測の事態（車両故障等）が発生した場合の対応方法
  - ・ 緊急車両への対応方法について



「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」に向けて、本WGで事前の議論を実施（議論は継続）

©ATEC, ALL rights reserved.

# ATEC-諸外国における空港制限区域内の運用に係る基準等に関する調査・研究WGにおける調査・議論状況（海外事例）



- 香港での導入状況

- 航空機との交差も無く、かつ他車両との交差も限定的な経路での運用

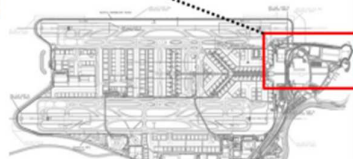
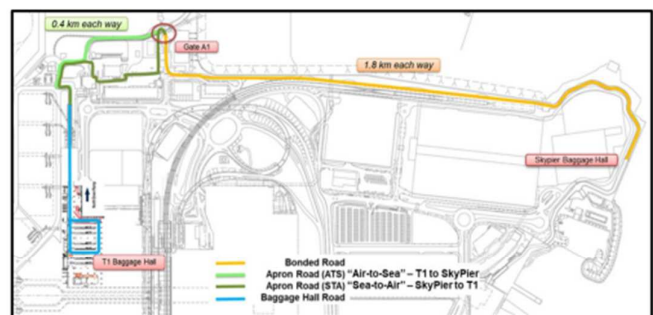


Figure 1  
AET Routing Between Baggage Halls at Terminal 1 and SkyPier

©ATEC, ALL rights reserved.

# ATEC-諸外国における空港制限区域内の運用に係る基準等に関する調査・研究WGにおける調査・議論状況（海外事例）



- フランスでの導入状況
  - CDG空港のテストはレベル3であり日本での実施内容をより簡素にしたレベル



引用：<https://navya.tech/fr/air-france-charlotte-autonom-skyteam-sustainable-flight-challenge/>

©ATEC, ALL rights reserved.

## 本邦での検討状況（HND）



- ANAでは、株式会社豊田自動織機とともに、羽田空港において自動運転トローイングトラクターのレベル4実用化に向けた実証実験を重ねている。
- 2025年内に第2ターミナルと国内貨物上屋を結ぶ国内貨物ルート（黄色）でレベル4実用化を開始し、その後、国内貨物より搬送距離が長く、時間がかかる第2ターミナルと国際貨物上屋を結ぶ国際貨物ルート（オレンジ）の実用化を目指す。

※国内貨物ルート：片道約1.5km、約10分 / 国際貨物ルート：片道約4.5km、約30分



豊田自動織機製3TE25(電動車)  
をベースに自動運転改造した車両



緑：国内手荷物ルート  
黄：国内貨物ルート（2025実用化）  
オレンジ：国際貨物ルート（2026実用化）  
紫：国際手荷物ルート

HNDの主な課題  
・交通量、合流、車線変更  
・誘導路横断、トンネル  
・道幅、すれ違い、悪路

©ATEC, ALL rights reserved.

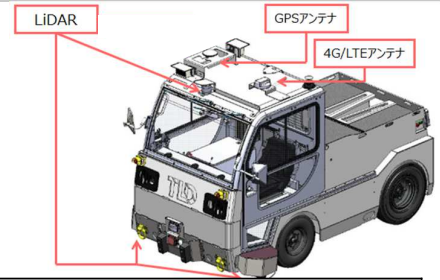


# 1.使用車両



基本情報*	
使用車両	TLD社製・TractEasy
全長	3.20m
全幅	1.84m
全高	2.05m
重量	4,070kg
ハンドル	有

走行制御技術の概要*	
車両自律型	
以下の技術で自己位置推定を行い、設定経路上を走行する	
●Odometry (走行距離計)	
●IMU (慣性計測装置)	
●LiDAR	
●GNSS	



センサー等の概要*	
LiDAR、GPSアンテナ、4G/LTEアンテナ、IMU (慣性計測装置)	

上記車両を2台所有しており1台を実験で使用し、もう1台をバックアップとする計画 \*レベル3実運用と同様

## レベル3実証実験時からの変更点

①ソフトウェアのバージョンアップ (Ver.11) に伴って、以下の点の性能向上が期待される

	レベル3実証実験 (2020年)	レベル3相当実用化 (2021年)	レベル4に向けた実証実験 (2022年)
ソフトウェアのバージョン	Ver.6	Ver.10	Ver.11
交差点における他車両の認識範囲	平均22m (実績値) **	平均29m**	平均35m***
カーブ走行時の速度	平均6~8km/h**	平均6~8km/h**	平均10km/h***
交差点で一旦停止後の再加速	0.8m/s <sup>2</sup> **	0.8m/s <sup>2</sup> **	1.0m/s <sup>2</sup> ***

②遠隔監視システムを有効化し、正しく機能することを確認する

\*\*実績値、\*\*\*理論値

# 2.実証実験目的および検証項目



目的
以下の各項目について、改善の有無を検証する。改善できない課題に対してはインフラや運用ルールの整備の要否について検討する。

検証項目
①ソフトウェアのバージョンアップによる改善目標値

①ソフトウェアのバージョンアップによる改善目標値

	レベル3相当実用化時点 (2021年3月、ソフトウェアVer.10)	目標値 (ソフトウェアVer.11)
交差点における他車両の認識範囲	平均29m	平均35m
カーブ走行時の速度	平均速度6~8 km/h (必要以上の減速が発生)	平均10km/h
交差点で一旦停止後の再加速	0.8 m/s <sup>2</sup> (一般車両に比べて緩やか)	1.0m/s <sup>2</sup>

②システム全般の目標値

	項目	検証事項
安全	障害物等を検知した際の安全な停車	システムによって安全に停車した実績を監視する
	安全な停車後の自動再始動	システムによって安全に停車した後、人が介入せずシステムにより自動走行を再開した実績を監視する
	安全な停車後の手動再始動	システムによって安全に停止した後、安全を確認し添乗者により手動で自動走行を再開した実績を監視する
	緊急停止操作による走行停止 (添乗者による介入)	作業員が車両の緊急停止ボタンを操作したことによる自動走行停止の実績を監視する
品質	ODD逸脱時の走行停止	ODD逸脱時に安全に自動走行を停止できるか
	車両およびシステムの不具合による走行停止	車両本体やセンサー類のハードウェア、およびシステムの障害が発生した際に安全に自動走行を停止できるか
	誤検知による停車	システムの誤認識、およびセンサーの誤検知による自動走行停止の実績を監視する
	遠隔監視システムによる操作	遠隔監視システムによる車両操作 (作動・停車) 時に、遅滞なく操作できるか

### 3. 走行ルート・走行条件

レベル3相当実運用と同じルートで実証実験を実施する。

走行ルート	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
実績	上記ルートにてレベル3相当実運用化済



★ = 起点/終点

引用元：Google社 Google earth

### 4. 実証実験結果

#### 実験概要

実施期間	2022年4月6日～6月29日（昼間帯のみ）
総走行回数	196往復
総走行時間	33時間48分
総走行距離	約235km
添乗者による介入回数	52回

#### ソフトウェアバージョンアップによる改善

	レベル3相当実用化 (2021年3月時点、 ソフトウェアVer.10)	目標値 (ソフトウェアVer.11)	今回の実験 (ソフトウェアVer.11)	結果
交差点における他車両の認識範囲	平均29m	平均35m	平均33.4m	×
カーブ走行時の速度	平均速度6～8 km/h	平均10km/h	平均9.9km/h	×
交差点で一旦停止後の再加速	0.8 m/s <sup>2</sup>	1.0 m/s <sup>2</sup>	1.0 m/s <sup>2</sup>	○

## 4.実証実験結果

### システム全般の実績

	検証項目	結果
安全	障害物等を検知した際の安全な停車	○
	安全な停車後の自動再始動	×
	安全な停車後の手動再始動	×
	緊急停止操作による走行停止 (添乗車による介入)	×
品質	ODD逸脱時の走行停止	○
	車両およびシステムによる走行停止	○
	誤検知による停車	×
	遠隔監視システムによる操作*	—

\*遠隔監視システムによる操作実績なしのため

### システムによる安全な停車後の自動/手動再始動について

データログが十分に残っておらず、具体的な原因の特定には至らなかった。

### 誤検知による停車

誤検知による停車した際の理由の内訳は以下の通り

①濡れた路面を障害物として認識していることによるもの (93.92%)  
 交差点でのパフォーマンスを向上させるため、ソフトウェアVer.11に新しく導入された路面認識機能により、誤検知が発生しているものと推測される。  
 次回のバージョンアップ (Ver.13) では、濡れた路面を正しく認識する性能の向上が見込まれている。

②雨滴を誤検知したことによるもの (1.20%)  
 Ver.10においては2.78%発生していた。

③原因不明/その他 (4.88%)

データログを解析するも車両を停車させる要素の判別に至らず。

誤検知した166回のうちの161回 (97.0%) が雨天時に発生したものの。

## 4.実証実験結果

### 緊急停止操作による走行停止 (添乗車による介入)

添乗者による介入は全て交差点 (合流地点含む) で発生した。

交差点	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
発生回数	3	2	10	0	0	1	0	4	0	17	4	11
割合 (%)	5.8	3.8	19.2	0.0	0.0	1.9	0.0	7.7	0.0	32.7	7.7	21.2

介入が発生した要因は以下のとおり。

- 他車の速度超過 (15km/h超、95.24%)
- 他車の速度超過は無いが、自動運転TT車の他車認識範囲が狭いことによるもの (4.76%)

正面から対向車が走行してくる交差点での介入は47%  
 横方向からの車両が走行してくる交差点での介入は53%

(各交差点の位置)



引用元 : Google社 Google earth

## 5.実証実験総括



### <車両>

- レベル3相当実用化時（2021年3月）からの技術的課題については、ソフトウェアのバージョンアップによって一部改善が見られたが、全体の走行品質の向上には至らず、実用性を踏まえて更なる向上が求められる。
- 添乗者による介入が発生している交差点においては、制限速度以上で走行する他車両に対して現状のハードでどこまで対応することが可能なのか、ソフトウェアをバージョンアップしたうえで検証が必要。
- 既にメーカーからリリースされているソフトウェアVer.13にアップデートし、改善の見込みを確認したうえで再度実験を実施し、品質の改善について実績を検証する。（2023年2月予定）

### <インフラおよび運用ルール>

- 交差点の走行品質の改善については、手動運転車両の規制が必要と考えており、インフラの整備や制限区域内を走行する車両のルール変更についても検討が必要。  
航空局やATEC主催のワーキンググループにおいて他事業者や空港管理者とも協調して議論をしたい。

©Japan Airlines, ALL rights reserved.

## 本邦空港内におけるレベル4自動運転車両走行実現に向けた取り組み



ご清聴ありがとうございました！



JAPAN AIRLINES



©ATEC, ALL rights reserved.