

令和5年度 自動運転ランプバス実証実験計画

**株式会社ティアフォー
成田国際空港株式会社
東日本電信電話株式会社
KDDI株式会社**

空港制限区域内における自動走行の実現に向けた実証実験

2023年度 実証実験(案)

2023年10月5日

株式会社ティアフォー
成田国際空港株式会社
東日本電信電話株式会社
KDDI株式会社

実施計画概要

実施目的	ターミナル間連絡バス運転手の人手不足、ヒューマンエラーなどの課題への将来的な解決策の一つとして、5G通信を活用した遠隔監視による無人自動運転に向けた実証実験を実施 (昨年度、一昨年度からの継続)
スケジュール	2024年1月-2月:制限区域内における実証実験 (走行日数は、15日間程度を予定)
使用車両	BYD社製バス“J6”を改造 ※ベース車両:ビーワイディージャパン、自動運転システム:ティアフォー
実施場所	成田国際空港 制限区域内
走行ルート	第1ターミナル～第2ターミナル～第3ターミナル 車両通行帯 (ビル1階部分アンダーパスを含むルート)
実験内容	・レベル4相当に向けた実証実験 ・ローカル5G・キャリア通信の冗長化構成での遠隔監視等 (運行事業者へのスキルトランスファーと通信関連テストを実施)
実施者	・成田国際空港株式会社(実証フィールドの提供、課題抽出等) ・東日本電信電話株式会社(ローカル5Gの課題検証等) ・KDDI株式会社(キャリア通信の提供等) ・株式会社ティアフォー(自動運転車両・遠隔監視システムの提供等)

開10

空港・港湾

空港制限区域内におけるターミナル間連絡バスの 複数台遠隔型自動運転（レベル4相当）に向けた実証

実施体制 (下線：代表機関)	東日本電信電話(株)、成田国際空港(株)、KDDI(株)、(株)ティアフォー	実施地域	千葉県成田市 (成田国際空港)
実証概要	<p>少子高齢化を背景として、移動・物流サービスにおける将来的なドライバー人材不足が予想され、国際空港では航空機の発着枠に応じた柔軟な受け入れ態勢（例：ターミナル間連絡バスのドライバー）の確保が将来困難になるという課題が存在。</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 空港制限区域内にローカル5G環境を構築し、3つの旅客ターミナル間の自動運転、複数台の遠隔監視映像配信、代替ルートを想定したキャリア通信・ローカル5G切替動作等、遠隔型自動運転（レベル4*相当）に向けた実証を実施。 ▶ 自動運転技術の導入を通じ、将来の空港における地上支援業務等の効率化、省人化、車両事故低減を実現。 * 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。 		
主な成果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 3つの旅客ターミナル間の自動運転、複数台（3台）の同時運行に向けた遠隔監視・映像配信の実証において、映像配信（車載カメラ7台、画質HD or VGA、フレームレート9fps以上、映像遅延400msec以下）に関するKPIを達成。 ▶ 代替ルートを運行する際の通信（ローカル5G、キャリア通信間）の切替ポイントにおいて、スムーズな映像の切替を実現。 		
技術実証	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 空港という特殊な環境における、航空機、ポーディングブリッジ等の影響を考慮した電波伝搬モデルの精緻化を実施。 ▶ 周波数：4.8-4.9GHz帯（100MHz） 構成：SA方式 利用環境：屋外 		
主な成果	<ul style="list-style-type: none"> ▶ テーマⅠ：空港環境において、4.8GHzの補正值S = 34.0の結果が得られた。エリア特性の異なる補正值Sとして開空間36.8、閉空間21.6、建物を介したエリア18.1という結果であり、エリア特性や遮蔽物面積率を考慮したS値の適用が望ましい。 ▶ 空港環境においてマルチパス波の影響を確認。類似環境下ではマルチパス波による受信電力5.9dB程度の増加を見込んで設計することが望ましい。 		
今後の展開	<p>本実証成果の実装に向けては、導入コストの低減、ソリューションの追加開発、共通インフラの整備等が必要。令和5～6年度は実運用に向け、段階的に実証を拡充、令和7年度以降は空港制限区域内における実装モデルを狙い、他空港・空港以外の大規模施設（公園、テーマパーク等）への展開も検討。</p>		

1) 3つの旅客ターミナル間の自動運転の検証

成田国際空港 第1～第3ターミナル間にてレベル4相当の自動運転の実証を実施。見通しの悪いカーブを含む総延長約5kmで遠隔型自動走行を完了。

ローカル5Gエリア ● ローカル5G基地局



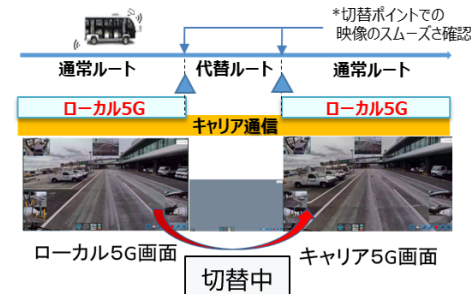
2) 複数台の同時運行に向けた遠隔監視・映像配信の検証

成田国際空港 第2～第3ターミナル間にて、複数車両の同時運行に向けた遠隔監視・映像配信実証実施。運用課題実証（駆けつけシーン）で可用性を確認。



3) 代替ルートを想定したキャリア通信・ローカル5G切替動作の検証

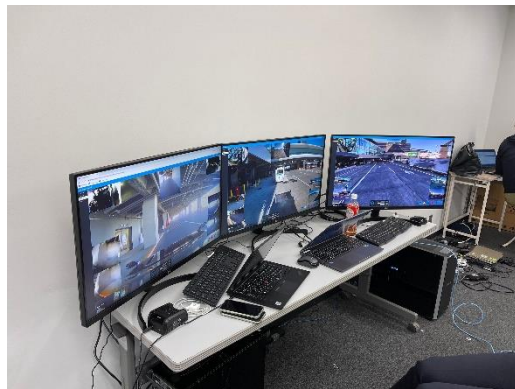
代替ルートを運行する際でも遠隔型自動運転を維持。400ミリ秒以下の切替動作を5G間で確認。



遠隔監視 / 駆けつけの様子



(左から見た場合)



(3台*同時に表示した場合)

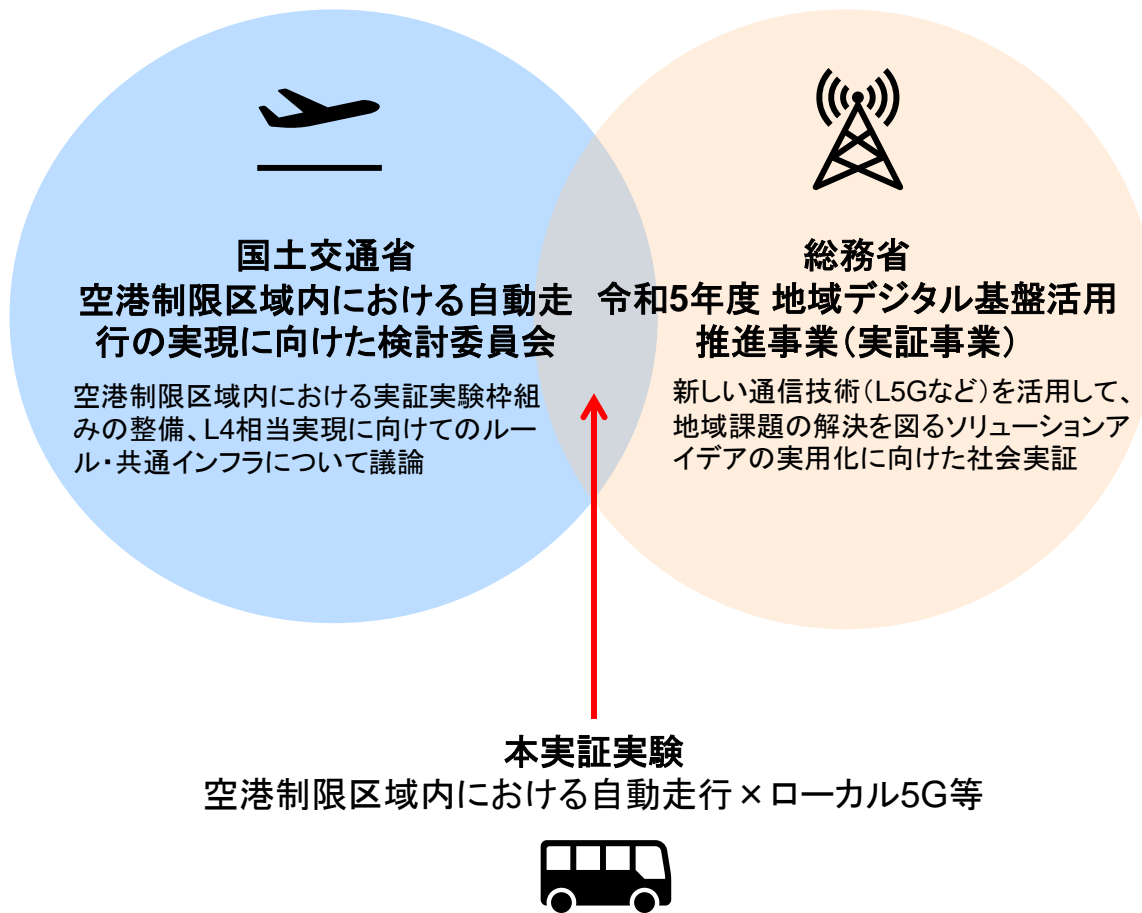


2台試験(走行中映像+FMS画面)での監視/駆けつけ実験様子
(ローカル5G通信利用) ※すれ違い走行

(*自動運転バス2台+手動運転車両1台)

実証全体の建付けについて

- ✓ 空港の人手不足を解消する手段として、空港制限区域内(閉鎖空間)における自動運転が注目されている
- ✓ 空港制限区域内は、①規制は存在するが非公道であり、②一般歩行者/車両といった外乱要素が少なく、③どの空港でも制限区域内の環境は類似しており横展開がしやすい
- ✓ 加えて、L5G/キャリア通信の双方が活用可能であり、これらを冗長化して安定的な自動運転の運用が可能
- ✓ 国土交通省・総務省の枠組み・予算を活用し、2025年の実装を目指して、4社のコンソーシアム(ティアフォー・NTT東日本・KDDI・成田国際空港)として2021度より実証



R5総務省実証提案を通じた取り組み

■地域課題の概要

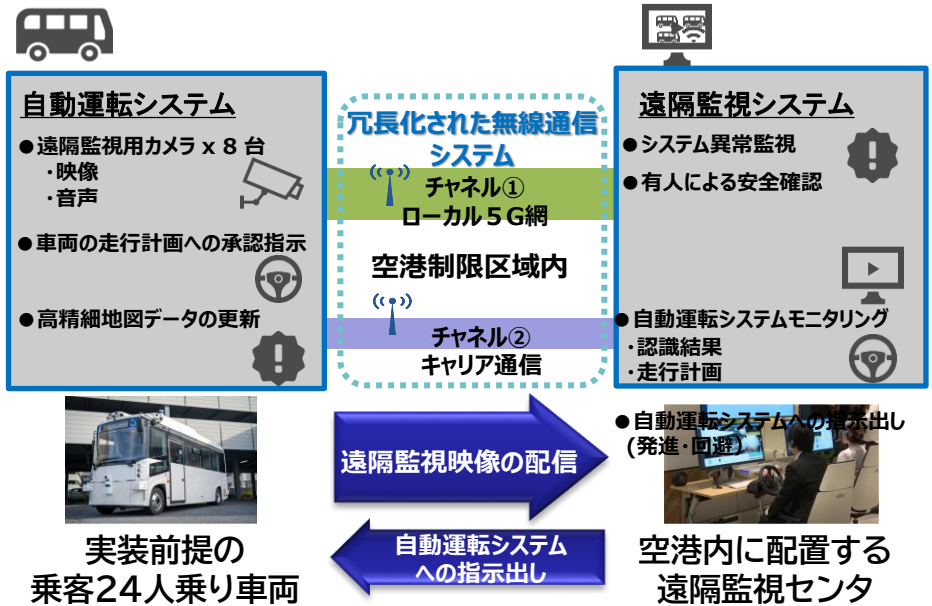
成田国際空港の“更なる機能強化”により旅客増が予測されるなか、グランドハンドリング車両のドライバ人材不足が課題となっている。また、同空港の従業員の5割以上は、全国平均を上回る人口減少が予測される成田市等周辺市町の居住者である。本実証における取り組みにより自動運転を実装をすることでドライバ人材不足の課題を解決し、それに伴い同空港の“更なる機能強化”が着実に推進されることで、地域活性への貢献に繋がるものとする。

■提案するソリューション<R5実証での取り組み>

①実装化に向けたビル1階部分アンダーパスを含むルートでの自動運転の継続



②旅客需要増を見越したバスの中型化対応(車載カメラ数/画質増)



■期待される効果

- ①アンダーパス含むエリア構築と運行継続性**
 - ・開放部からアンダーパスへのアンテナ配置及び電波吹込みを4.8-4.9GHz帯で確認
 - ・実装運行ルート(第1~第3ターミナル)での運行継続性確認
- ②中型バスによる輸送量増強**
 - ・R4での10名定員の車両に対し、1回輸送量24名旅客定員の車両へ変更
 - 画質: HD(例:車室内拡大等で見直し) カメラ数: 7 ⇒ 8(車両下部を追加)
 - ・車両周囲と車室内状況視認性を実証
 - ・キャリア通信とローカル5Gの制御系冗長化評価を実施

アンダーパスも含めた実装想定の実装開始により、2025年度の実装開始によりドライバ人材不足の課題解決を図り、旅客増に柔軟に対応可能な空港機能を実現

スケジュール(案)

	23年10月	11月	12月	24年1月	2月	3月
システム開発・ 各種準備等	ローカル5G/キャリア通信準備 システム開発 等					
	リスクアセスメント					
模擬フィールド	試験実施準備	試験	合格			
実証実験				走行実証実験 (通信試験・ スキルトランスファー)		
検討委員会						

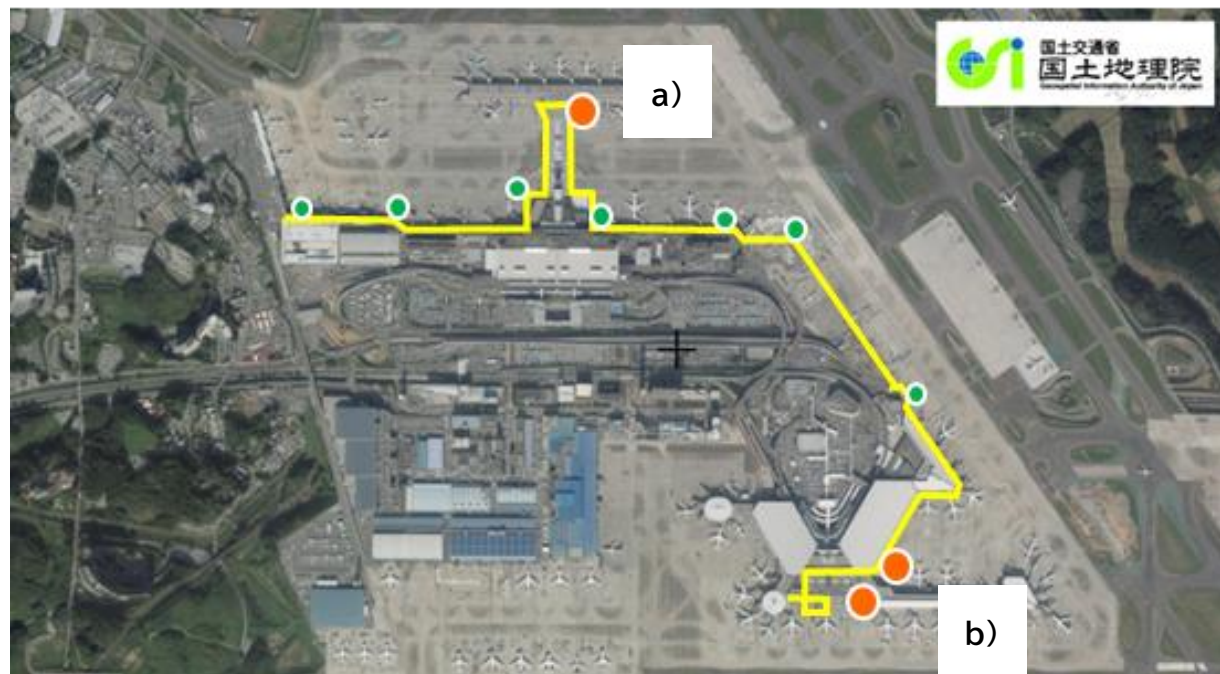
走行ルート

実施予定期間	2024年1月～2月
実施場所	成田国際空港 制限区域内
走行ルート	第1ターミナル～第3ターミナル(往復約7km)

実施内容

- ・ビル1階部分アンダーパスを含むルートでの自動運転の継続
- ・旅客需要増を見越したバスの中型化対応(車載カメラ数/画質増)
- ・ローカル5G/キャリア通信

ローカル5Gエリア ● ローカル5G基地局 ● 新設ローカル5G基地局 (設置個所は予定)



a)ビル1階部分エリア化 (直線形状)



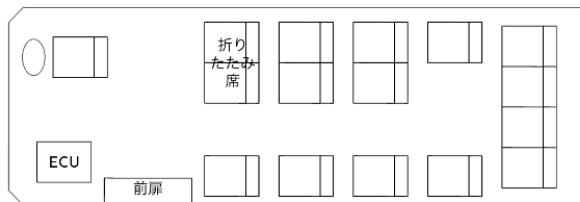
b)ビル1階部分エリア化 (交差点形状)

車両概要

使用車両	ビーワイディー・ジャパン社製・J6(改造)
乗車定員	25名 (客席15席+運転席1席+立ち席9人)
全長/全幅/全高(m)	7.19×2.32×3.05
車両重量(kg)	8,065
ハンドル有無	有



Seat Layout

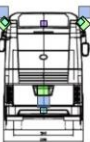
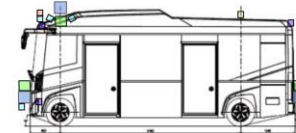
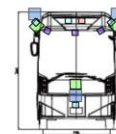
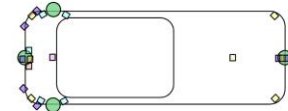


走行制御技術の概要

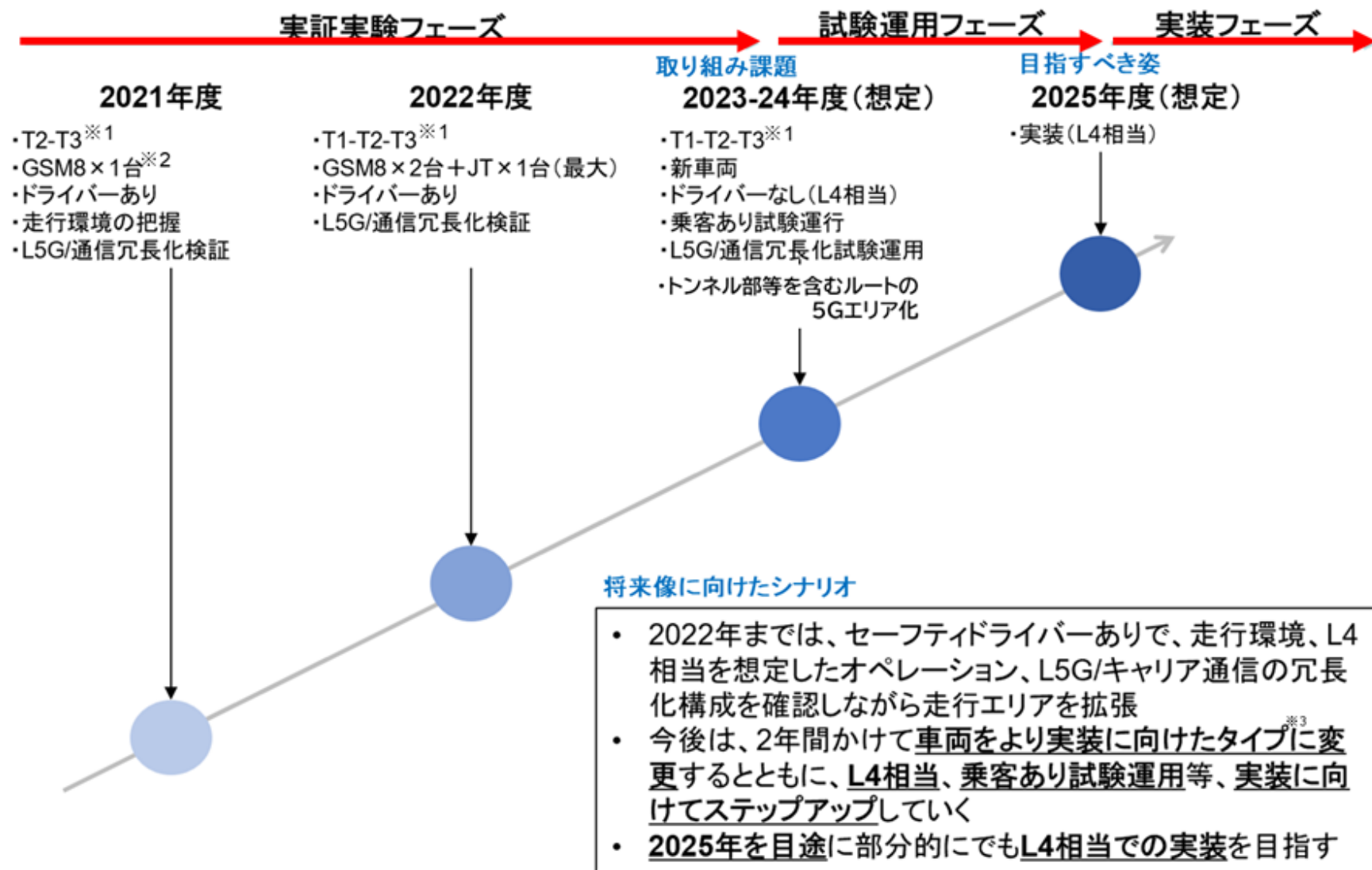
- ・車両自律型
- ・車両制御には、ティアフォーが開発を主導するオープンソースの自動運転ソフトウェア「Autoware」を使用
- ・高精度三次元地図とLiDARを用いたスキャンマッチングにより自己位置を推定
- ・LiDAR・カメラにより障害物等の認知を行うとともに、高精度三次元地図上に引かれたレーンや停止線等に従って走行

センサ構成

- LiDAR x8 (長 x4, 短 x4)
- Radar x1 (長 x1, 短 x0)
- カメラ x16
 - 信号認識 x1
 - 物体認識 x7
 - 遠隔監視 x8
- GNSS x1
- IMU x1
- (LTEアンテナ)



導入に至るまでのロードマップ(イメージ)



※1 T1,T2,T3:第1、第2、第3旅客ターミナル ※3 乗客定員の増加等想定

※2 GSM8.JT: 本実験で用いた試験車両 ※4 L4: 自動運転レベル4

ローカル5Gインフラの特徴

- 遠隔映像監視品質向上と複数車両の同時運用に向け、5G技術を適用し遠隔監視型自動運転を評価
- 安定運用の為、「空港業務専用のローカル5G」と「キャリア通信(5G-LTE)」で冗長化

5G技術の適用

- ・高速大容量な通信を実現
- ⇒映像品質(画素数・秒間送信枚数)の向上 ※車両1台あたり
- ⇒自動運転台数の複数化

1台分の周囲物体を視認可能

- ・物体の種類を視認でき、動きがスムーズ。
- ・豊富な送信可能枚数で、複数台数の自動運転を対応可能な見込み

通信冗長化 (ローカル5G自営通信・キャリア通信)

- ・機器故障等で片方が通信できなくなっても継続走行可

- ・災害時の安定性向上
- 一般ユーザが利用しない空港業務専用の通信インフラのため通信混雑がなく安定化

ローカル5G: 業務用車両のみ架けて、安定化

地上交通障害 滑走路閉鎖

キャリア通信: お客様滞留時に通信がつながりにくいケースがある

多数カメラの高品質な映像伝送 (遠隔型自動運転への活用)

維持管理技能者の省力化

- ### 主な産業分野・応用先
- ・交通機関: 空港・駅・港拠点 + 自動運転バス
 - ・製造: 自動車、電機の生産ロボット
 - ・物流: 宅配・倉庫の搬送対応
 - ・農業: ハウス栽培、都市型農業 等

ご参考) 空港内のロボット化・遠隔化に向けた無線システム

5GをつないだIT機器・AI・ロボット等で、ターミナル内・制限区域空港DXを実現し、グランドハンドリング業務等の高度化・省力化へ貢献

空港専用プライベートNW (ローカル5G・専用無線・有線 等)

- <国内空港> ・成田国際 (本取組) ・南紀白浜
- <他の国外空港例 (ドイツ) >
- ・フランクフルト空港(ターミナル内/外)
- ・ボン空港

PBB自動運転



連絡バス自動運転



障害物検知



遠隔監視
人流分析



清掃ロボ



遠隔作業支援



トレーイングトラクター
自動運転



除雪省力化



警備ロボ



音声通話

パブリックNW

(キャリア通信(無線)・WiFiなど)
例:冗長系として活用・空港外での切替利用等