

# 令和3、4年度 自動運転トローイングトラクター実証実験 結果・計画

---

**全日本空輸株式会社  
株式会社豊田自動織機**

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

# 自動運転トローイングトラクター 実証実験報告（手荷物・貨物搬送）



2022年9月22日

全日本空輸株式会社  
株式会社豊田自動織機

**ANA**  
Inspiration of JAPAN

**TOYOTA**  
株式会社 豊田自動織機

# 実施概要

- 羽田空港において自動運転トローイングトラクターを使用して、**実際の運航便のお客様の手荷物・貨物**を自動搬送する実証実験を実施
- レベル4 無人運転に向けて、交差点自動合流などの課題を抽出

実施日時	実験準備：2021年10月～ 実証実験：手荷物搬送 2021年12月～1月 貨物搬送2022年2月～3月
使用車両	豊田自動織機製 自動運転トローイングトラクター（ベース車両：3TE25）
実施場所	羽田空港 制限区域内 第2ターミナルエリア・国内貨物エリア
走行ルート	手荷物搬送：64～66番スポット～南手荷物仕分け場 貨物搬送：59～66番スポット～東貨物上屋
自動運転レベル	レベル3相当（運転手あり）
実施者	全日本空輸株式会社、株式会社豊田自動織機

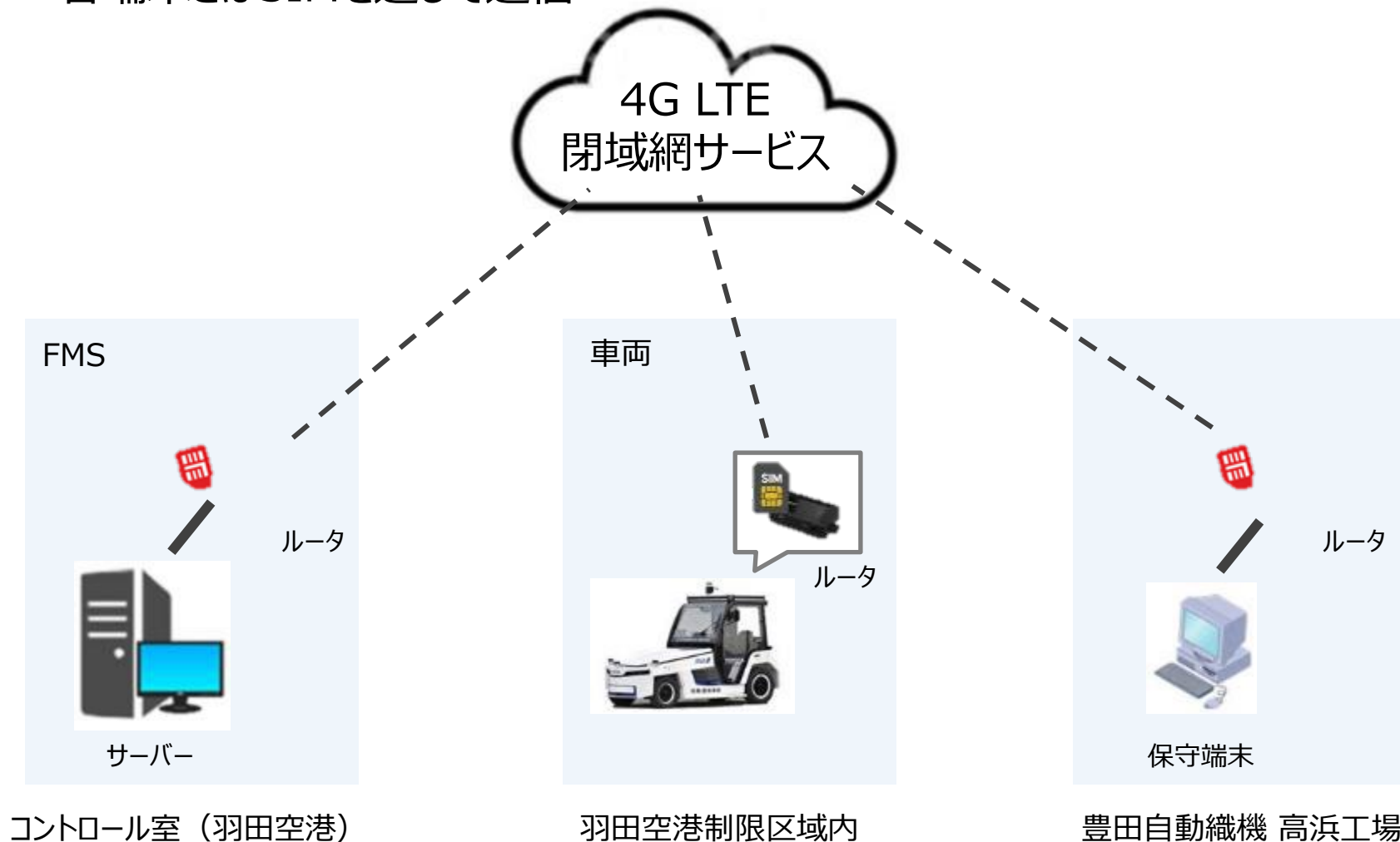
# 車両概要

項目		内容	
自動走行性能		最高速度	15km/h
乗車定員		2名	
構造	全長	3,680 mm	
	全幅	1,793 mm	
	全高	2,394 mm	
	重量	5,260 kg	
	車輪	4	
ドアの有無		有（左右各1枚）	
ハンドルの有無		有	
緊急時の操作		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ドライバのブレーキオーバーライドによる車両停止</li> <li>・ 車両に具備する非常停止スイッチの押下による車両停止</li> </ul>	
ブレーキの有無		有	
走行制御の概要		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 路面パターンマッチング（RANGER）、RTK-GNSS、3D-SLAM等から得られるセンサ情報を統合し、自車両の位置、方向を推定。決められた経路上を指定の速度で走行</li> </ul>	
安全対策の概要		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車両周囲の障害物、車両、人をセンサで検知し、自車両の走行経路上およびその近傍に障害物・人がある場合は指定の車間距離で停止(走行経路上から取り除かれるまで停止継続)</li> <li>・ 非常時については、上述の「緊急時の操作」により車両を停止 ※同時に自動走行は解除</li> </ul>	
センサー等の概要		自車両の位置・姿勢認識用：路面パターンマッチング用カメラ、RTK-GNSS、車速センサ、LiDAR等 障害物検知用：LiDAR（車両前方） 2Dレーザスキャナ（車両前方、左右）	
自動走行システム		レベル3相当（運転席に係員が常に乗車）	
その他		車両の運転状態をLEDで表示	



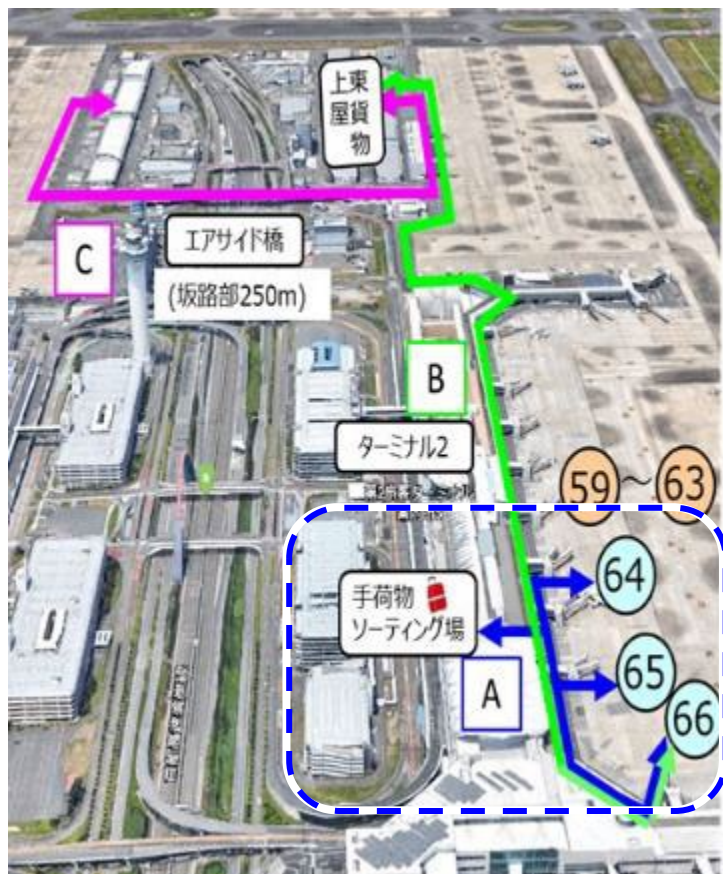
# システム概要

- 本実証ではFMS（Fleet Management System）により搬送指示、車両状態監視を実施
- 4G LTEサービスを利用し、閉域網にてセキュアな環境を実現
- 各端末とはSIMを通して通信



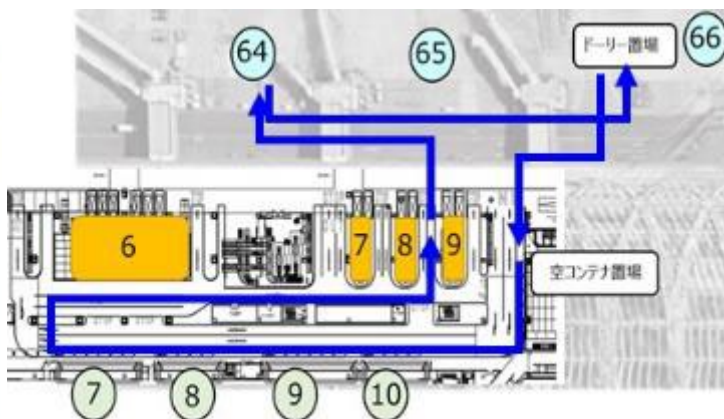
# 走行ルート

- A** 手荷物搬送 : 64~66スポットと手荷物ソーティング場の屋内外搬送
- B** **C** 貨物搬送 : 59~66スポットと東貨物上屋の屋外搬送(坂路あり)



引用元: Google社 Google earth

**A** 手荷物ソーティング場  
《往復1.0km》



引用元: 国土地理院地図にルートを追記



**B** ターミナル2  
《往復3.4km》



**C** エアサイド橋  
《往復2.4km》



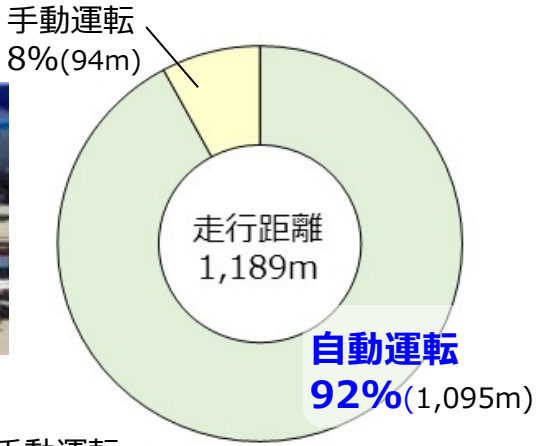
# 実証実験結果報告

- 実証実験は30日間(手荷物12/13~1/14,貨物:2/21~3/3) 事前調整含め85日間
- 手荷物/貨物搬送を委託している3社の41名に自動運転教育を実施
- 34名のオペレーターが手荷物、貨物搬送の実証実験に参加

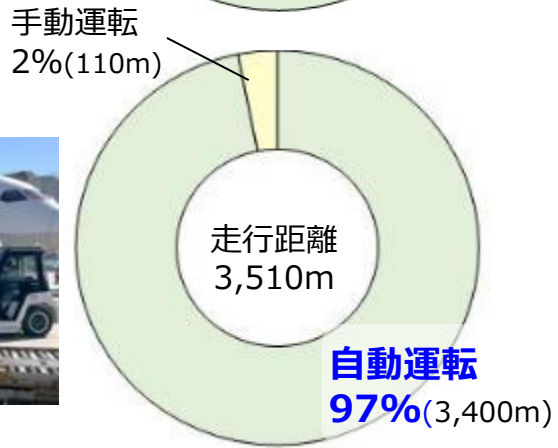
☀️ : 70日, ☁️ : 7日, 🌧️ : 8日(最大降雨量8mm/hr)

総走行距離	1,128km	
搬送回数	228回	
搬送コンテナ数	871個	
乗員人数	34名	
ドロー数	手荷物	貨物
	4両	6両

## A 手荷物搬送



## B 貨物搬送



• オペレータ教育は10日間で41名のオペレーターに座学、試乗で教育実施



オペレータ教育



上位端末設置場所

HLへの寄り付き、ドロー連結作業は手動運転  
今回の実証実験では**9割以上自動運転**



# 実証実験結果報告

## <運用状況>

- お客様の手荷物・貨物搬送228回(コンテナ数871個)を遅延なく実施
- 実証実験期間中に1日手動でバッテリー消費のテストを実施

搬送	対象便		けん引重量[t]		搬送回数	遅延有無
			平均	最大		
<b>A</b> 手荷物	到着便 出発便	7便/日	4.6	5.2	93	○
<b>B</b> 貨物	到着便	11便/日	8.7	11.5	135	○

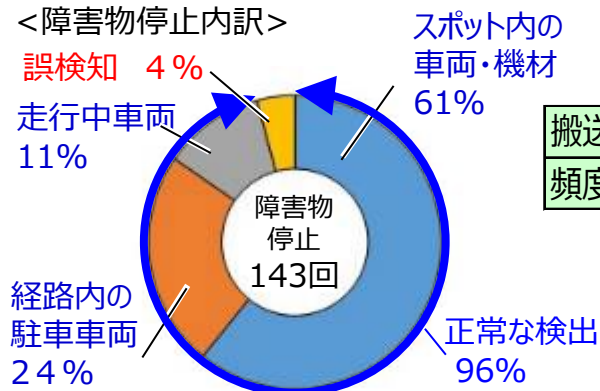


引用元: Google社 Google earth

## <停止状況>

- 実証実験期間中、143回の障害物停止が発生
- スポットや経路内の車両・機材に対し正常に障害物を検出し停止

### <障害物停止内訳>



搬送	実証実験		前回
	貨物	手荷物	-
頻度[回/km]	0.24	0.79	0.19

手荷物はスポット内が込み合う時間に搬送するため停止頻度高



他車が経路内進入で停止

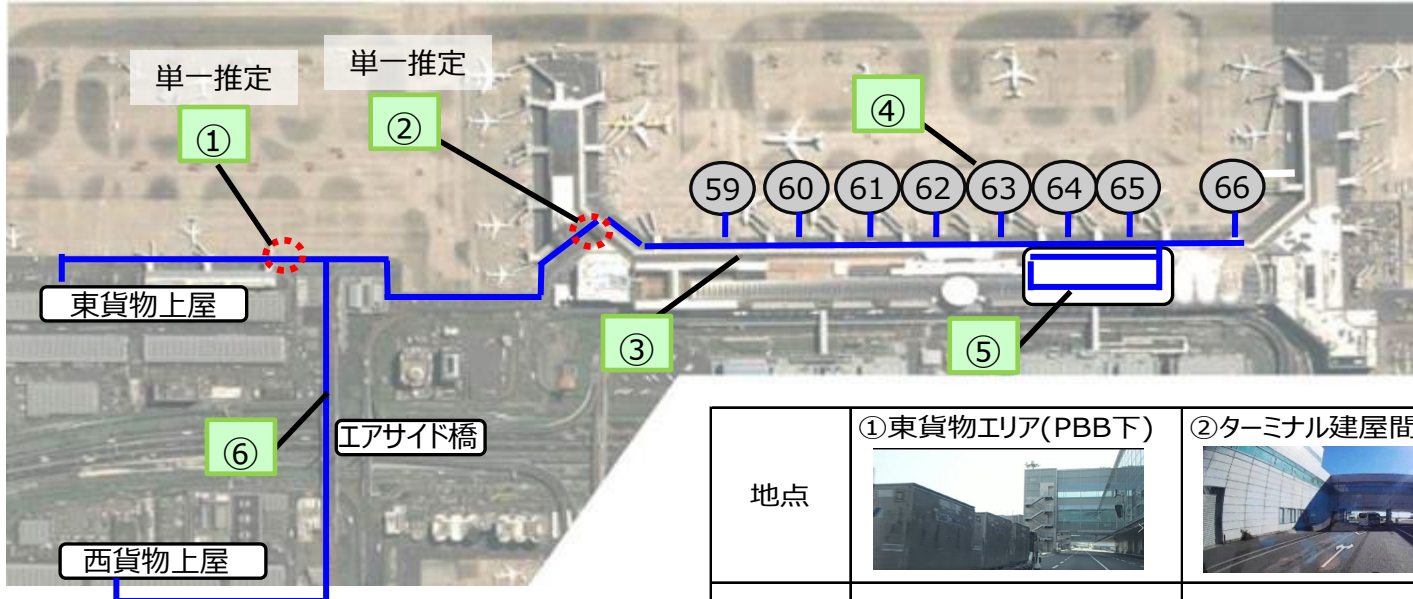


経路内の機材で停止

# 実証実験結果報告

## <自己位置推定（センサーフュージョン）検証結果>

- 全経路で自己位置推定は問題なく、安定的に自動運転走行を実施
- 冗長化（複数の自己位置推定）エリアカバー率99.3%



自己位置  
 ◎：複数推定  
 ○：単一推定  
 ×：自己位置ロスト

精度  
 ○：コースアウトなし  
 ×：コースアウト

引用元：国土地理院地図にルートを追記




• GNSS途絶箇所の一部(①、②)で、路面パターンマッチングのみで走行  
 • 単一推定箇所は磁気マーカの敷設なく、国土交通省の3D地図ないため完全な冗長化は未達  
 • 冗長化率向上のため、羽田の延伸工事完了後、3D地図の作成をお願いしたい

	①東貨物エリア(PBB下)	②ターミナル建屋間	③第2ターミナル
地点			
自己位置	○	○	◎
精度	○	○	○
	④スポット	⑤ソーティングエリア	⑥エアサイド橋
地点			
自己位置	◎	◎	◎
精度	○	○	○

# 実証実験結果報告

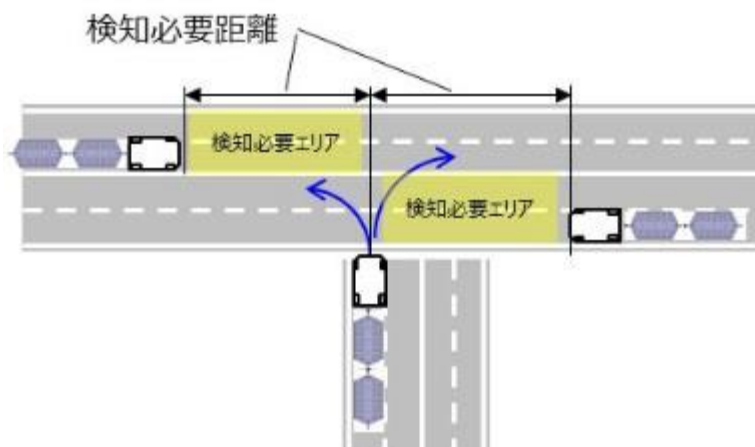
## <障害物センサー 課題>

PBB下、ソーティング出入口で雨だれを障害物検知し急停止  
 ⇒雨滴がまとまって落水する箇所の整備

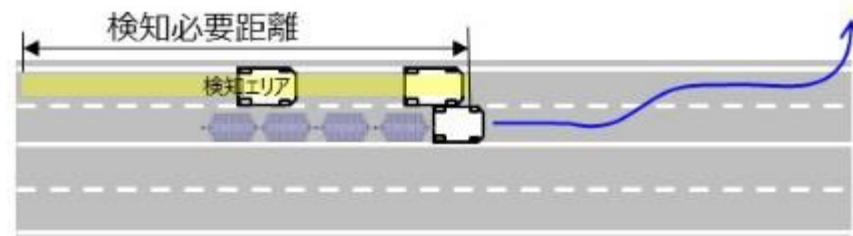
課題	原因	対応要望
<p>ソーティング場出口 雨どいから落下する水滴を検知</p>  <p>引用元: Google社 Google マップ</p>  <p>発生時の状況</p>	<p>雨どいから落下する、まとまった水滴を 障害物センサが検知</p>  <p>障害物センサ検知状態</p>	<p>設備側の落水箇所の 配水対応を要望</p>

## <自動合流/自動レーンチェンジ 課題>

- レベル3 実証実験時は運転手が合流可否を判断したが、交通量の多い片側2車線道路への合流などはレベル4では困難
  - スポットや上屋出発時は人が安全を確認し、発進ボタンを操作
  - 長距離検知が不可のため、ルート上交通量の多い交差点での合流は、自動運転車両が接近した時に、相手側の車両を止めるような**自動運転車両と連動した信号機等の設置や合流時の自動運転車両を優先するルール必要**
- 有人車両はレーンチェンジ先の後方に車両がない時にレーンチェンジ
  - 後方の長距離を検知不可のため**自動運転車両優先のルールが必要**



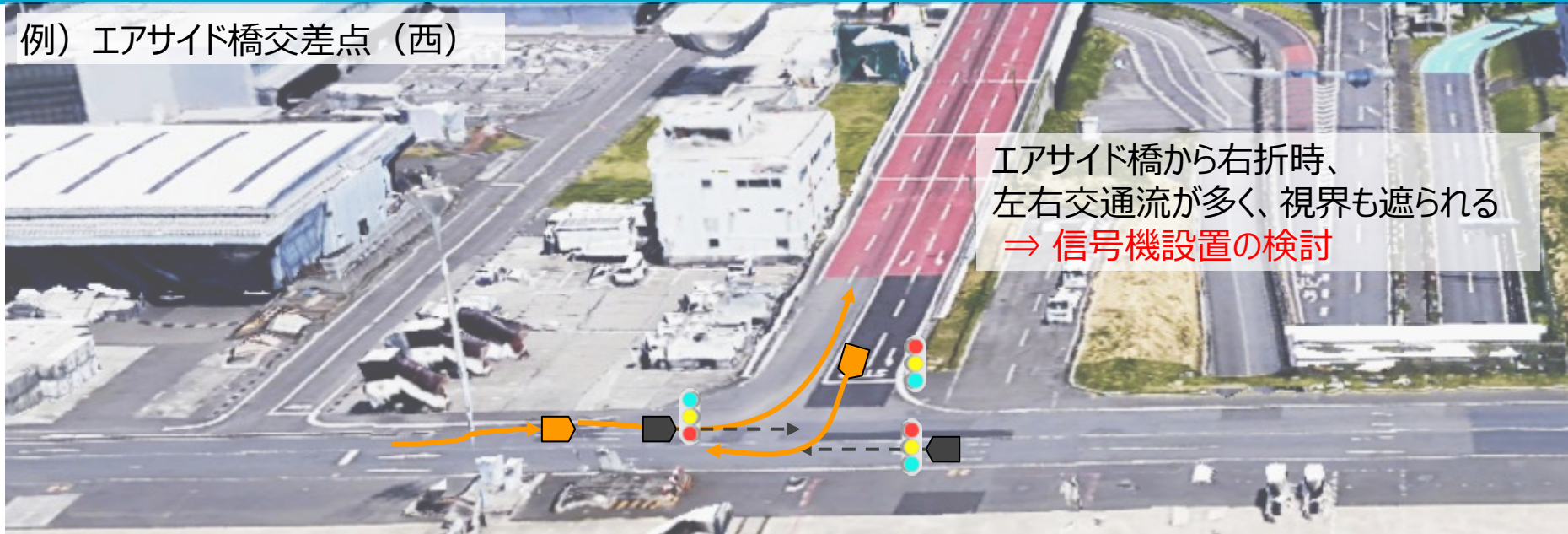
【自動合流】



【自動レーンチェンジ】

# 実証実験結果報告

例) エアサイド橋交差点 (西)

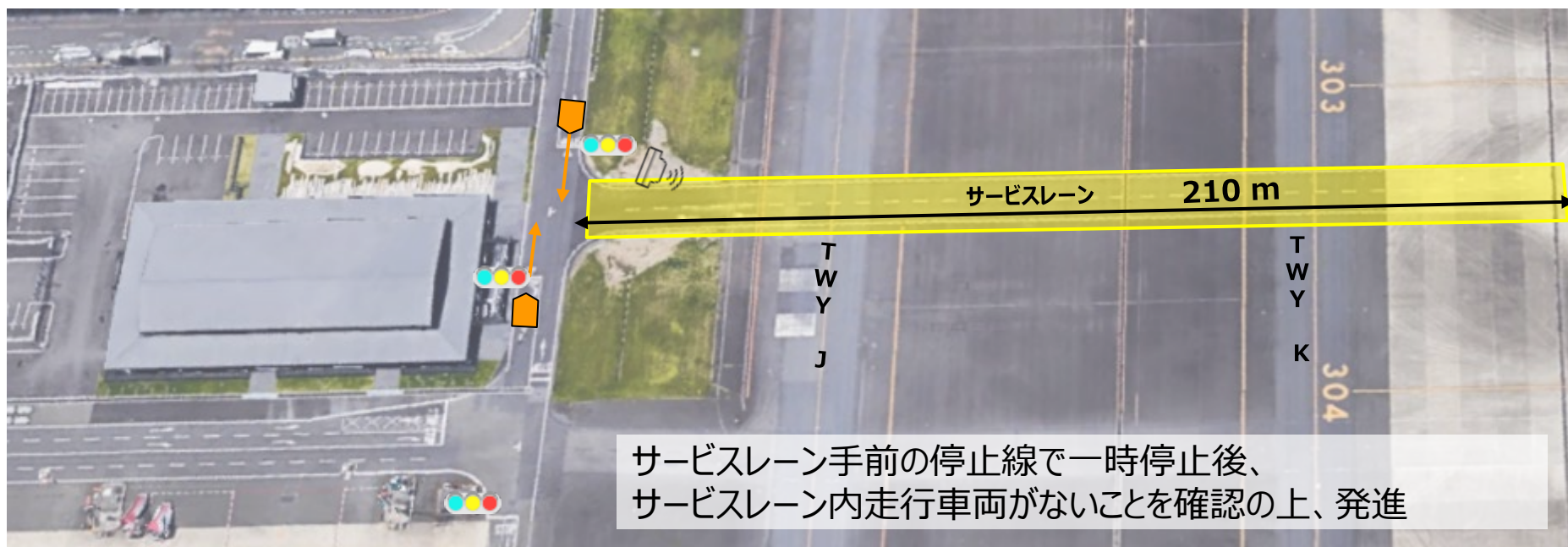


例) #58前横断歩道・交差点



## <サービスレーン走行車両検知>

- 貴賓室の北側に約210mのサービスレーンがあり、横断中の車両がいる場合は停止線で待機しなければならない。車両側で200m先の検知は不可。  
→貴賓室側からサービスレーン全体を見ることができる俯瞰カメラの設置  
または将来的にAI判断やFMSと連携した信号、センサ類の設置検討



引用元: Google社 Google マップ、Google earth

## <緊急車両認識>

- 実証実験期間中に緊急車両が発進するシーンに立ち会うことはなかったが、レベル4要件案に「緊急車両の走行を妨げるおそれのある場合は、一旦停止して進路を緊急車両に譲ること」とあり、発進しようとしている緊急車両を車両側で検知不可。
  - 消防車が緊急発進する際に何らかの周知方法が必要（警察、CAB車両）
  - 緊急車両走行時の自動運転車両のルール整理（端に寄ることができない）



消防署前で停止することのないよう走行、  
緊急車両発進の際はゾーンの手前で一時停止し、緊急車両が  
通過するまで待機

## <その他 課題>

### インフラ

- ・作業の合間に屋外で充電できる充電設備が必要
- ・機台に有害な路面段差により、走行経路制限発生（グレーチング上走行を避ける経路等）

⇒電動車運用のための**充電設備の整備**と、  
自動走行車両走行のための**路面整備**



### 駐停車車両・機材置場

- ・空港内狭隘のため車両・機材が所狭しと置いてあり  
経路内の機材、駐停車車両により  
自動走行が停止しサイクルタイムが増加

⇒**機材・車両の置場ルール**の整備



### 走行ルール

- ・自動運転車両に気づかず、障害部検知エリアに  
他車両合流し停止
- ・合流・右左折はオペレータの阿吽の呼吸のため  
タイミングが合わずに車両停止発生

⇒自動・有人車両混在可能な**インフラ・ルール**





# 実証実験結果報告

- 自動運転の技術レベルはレベル3であればすぐに実用化が可能なレベルに達している。
- 今回の手荷物、貨物搬送の実証実験を通じて、搬送距離が長く省人化効果が大い、国内貨物ルートにおいて、2025年内のレベル4実用化を目指す方針を決定。
- 国内貨物ルートのレベル4実用化に向けて、今後の羽田空港の北延伸工事の状況も踏まえながら、交差点における自動合流などの課題について、引き続き共通インフラWGや運用ルールWGなどで議論させていただきたい。



引用元: Google社 Google マップ、Google earth

# 2022年度実証実験計画

まずは、国内貨物ルートレベル4実用化を目指す、その次のステップである国際貨物ルートの実用化に向けて、トンネル走行や国際線で使用するパレットドリーの検証を実施

実施日時	トンネル自動走行：2022年11月以降（調整中） パレットドリー検証：2022年11月以降（調整中）
使用車両	豊田自動織機製 自動運転トローリングトラクター（ベース車両：3TE25）
実施場所	羽田空港 制限区域内
走行ルート	トンネル：ノーストンネル、GSE地下通路 パレットドリー：第2ターミナル⇄第3ターミナル
自動運転レベル	トンネル：レベル3 パレットドリー：手動で検証
実施者	全日本空輸株式会社、株式会社豊田自動織機



引用元：Google社 Google マップ、Google earth