

自動運転トーイングトラクター実証実験計画・結果

全日本空輸株式会社

2024年9月10日

自動運転トローイングトラクター 試験運用実施報告書

～羽田空港における国内貨物自動搬送試験運用～

全日本空輸(株)

オペレーションサポートセンター
グランドハンドリング企画部

(株)豊田自動織機

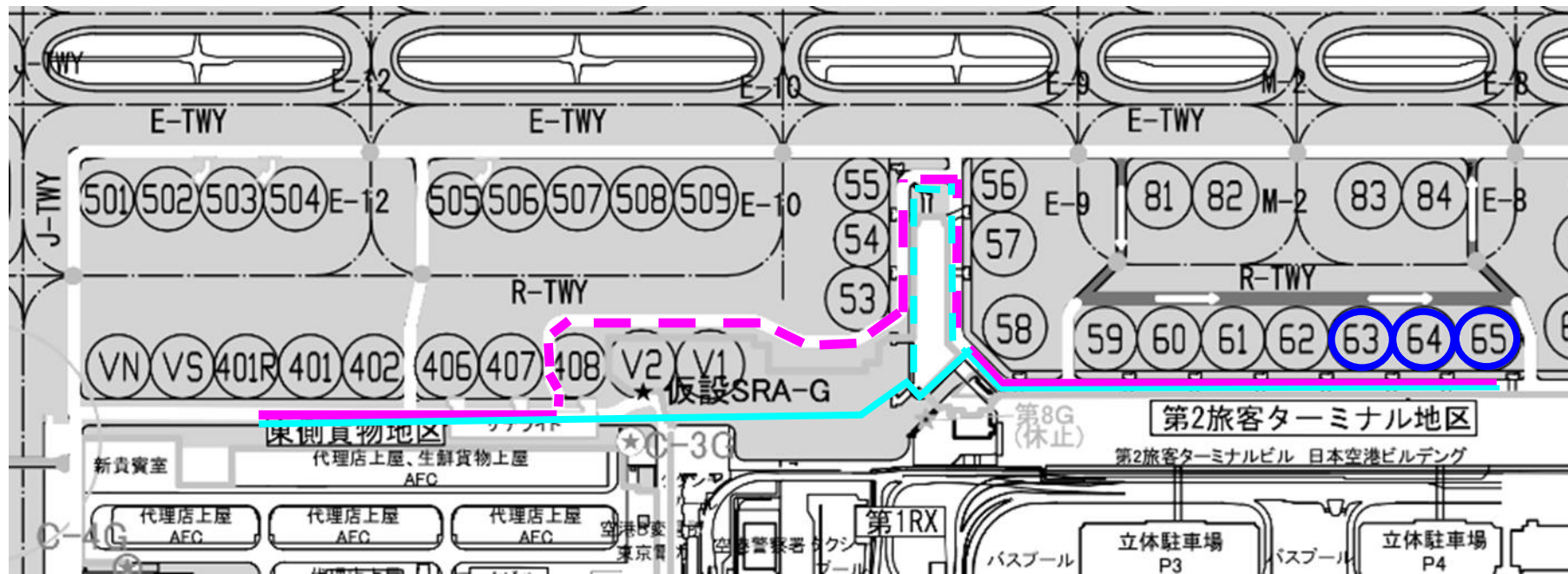
トヨタL&Fカンパニー
AR開発部

- 羽田空港国内貨物搬送（東上屋⇔#63～65間）において、自動運転トーイングトラクター（以下、自動TT）レベル4による出発・到着貨物の搬送を実施した。
- 最初の2日間は運転席に監視者が乗車し、その後13日間は運転席無人にて搬送を実施した。

実施日時 (土日を除く 各日9～18時頃)	2024年7月1日～19日, 25日 ※7月2日は9～20時頃、12,19日は8～22時頃 ※10日は政府専用機対応のため実施できず、25日を追加
使用車両	豊田自動織機製 自動運転トーイングトラクター（ベース車両：3TE25 電動車）1台
実施場所	羽田空港 国内東貨物エリア および 第2ターミナル地区
走行ルート	国内東貨物上屋～第2ターミナル地区 #63-65
自動運転レベル	7月1日～2日 レベル4（運転席へ監視者が常に乗車） 7月3日～19日, 25日 レベル4（運転席へ監視者が乗車しない）
実施者	全日本空輸株式会社、株式会社豊田自動織機

【走行経路】

- 羽田空港国内東貨物上屋⇔#63～65間、#63～65⇔#63～65のSPOT間で自動走行を実施。
- 北延伸工事実施中のため、北ピアを周回する経路を自動走行した。
(下図ピンク実線・破線 / 破線部が迂回経路)
- 導入時(2025年12月)は、ターミナル沿いを走行する経路(下図ピンク実線・水色実線)を計画。
- 導入以降、自動走行対象SPOTを拡大し、北ピア沿いのSPOTが対象となると北ピア沿いの経路(下図水色破線)も走行予定。



——— + - - - 試験運用 走行経路
——— + - - - FY25以降 走行経路

——— FY25導入時(12月) 走行経路

2. 車両概要

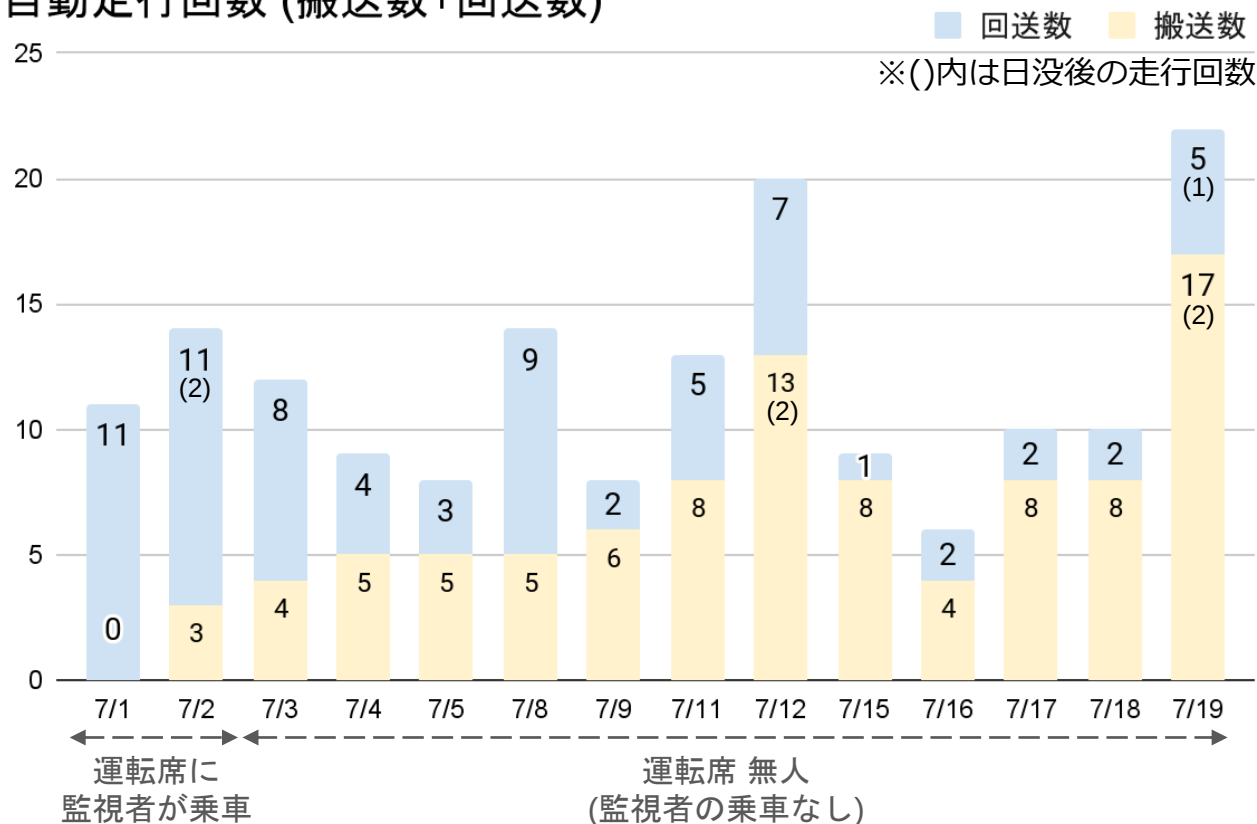
項目		内容	
自動走行性能		最高速度 15km/h	
乗車定員		2名	
構造	全長	3,730 mm	
	全幅	1,500 mm	
	全高	2,295 mm	
	重量	車両本体(バッテリー除く) : 3705kg LIB : 1055kg 鉛 : 1610~1650kg	
	車輪	4	
牽引タイプ		一般型	
ドアの有無		無	
ハンドルの有無		有	
緊急時の操作		・ドライバのブレーキオーバーライドによる車両停止 ・車両に具備する非常停止スイッチの押下による車両停止 ・遠隔リモコンによる車両停止	
ブレーキの有無		有	
走行制御の概要		路面パターンマッチング、RTK-GNSS、3D-SLAM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	
安全対策の概要		・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) ・遠隔監視カメラにより車両周囲環境を監視 ・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 ※同時に自動走行状態は解除	
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、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4相当	
その他		車両の運転状態をLEDで表示	



1) 自動走行・牽引状況

計**166回**自動走行を実施。うち貨物搬送94回(出発便46・到着便48)、回送72回。
走行内訳・牽引重量は以下の通り。

自動走行回数 (搬送数+回送数)



☀ **103回** (夜間3)
☁ **33回** (夜間2)
☂ **30回** (夜間2)

走行区間	走行回数
東上屋→SPOT	80 (夜間 3)
SPOT→SPOT	18
SPOT→東上屋	68 (夜間 4)
合計	166

牽引物	牽引なし	空ドーリー	ドーリー+コンテナ
回数	16 (夜間 2)	57 (夜間 1)	93 (夜間 4)

ドーリー+コンテナ牽引時の
・平均牽引重量: **8552 kg**
・最大牽引重量: 11975 kg

2) 自動走行中の事故・便遅延、ヒヤリハット報告・緊急停止・手動介入

- 事故、便遅延なし。
- ANA GRP内ヒヤリハット報告なし。
- オーバーライド 3件、遠隔リモコンによる緊急停止は2件発生するも、いずれもオペレーターが安全サイドの判断を行った件のみ。
(そのまま走行継続しても障害物検知により一時停止可能)

事故	0 件
便遅延	0 件
ヒヤリハット報告	ANA GRP内報告 : 0 件
オーバーライド	3 件
緊急停止	2 件
手動介入	49 件 (障害物検知による一時停止 45件、 オーバーライド 3件, 緊急停止1件)

【補足】

オーバーライド : 自動走行中、運転席に乗車する監視者が自動走行継続に危険を感じ、ブレーキを踏み、車両停止させること
 緊急停止 : 自動走行中、追従車両に乗車する監視者が自動走行継続に危険を感じ、遠隔リモコンで車両停止させること
 手動介入 : 自動走行中、一時停止した自動TTへ人が乗り込み、手動走行で目的地までの走行を継続すること

3) オーバーライド・緊急停止 詳細

いずれも自動走行継続可能、もしくは障害物検知により一時停止し短時間の待機後、自動走行継続できる状況であったが、将来的なリスクに備え、ルール設定の検討が必要。

① オーバーライド

日時	場所	手動介入	状況	自動TT導入後におけるリスク
7/1 15:09	#407/408 間交差点	あり	交差点で右折する自動TTを合流させる際に、左方向から交差点へ進入する別の右折車が一時停止せずに交差点に進入したため、運転席監視者が危険を感じ、ブレーキオーバーライド	交差点における急な合流は他車両同様、自動TTへもリスクあり。 ルールの再徹底が必要
7/2 19:22	#54前	あり	車道左寄りに駐車していた搬入車両と自動TTミラーの接触を運転席監視者が危険を感じ、ブレーキオーバーライド	障害物検知範囲外で安全に通過できたため、 リスクなし
7/2 19:51	#59前	あり	対応車線の車両がパッシングにより、横断歩道待機者へ横断を促したことで、横断歩道を渡り始めた人がいたため、運転席監視者が危険を感じ、ブレーキオーバーライド	横断者は自動TTを視認し、止まるそぶりを見せていたが、リスクは想定される。 横断歩道ルールの設定・徹底が必要

② 緊急停止

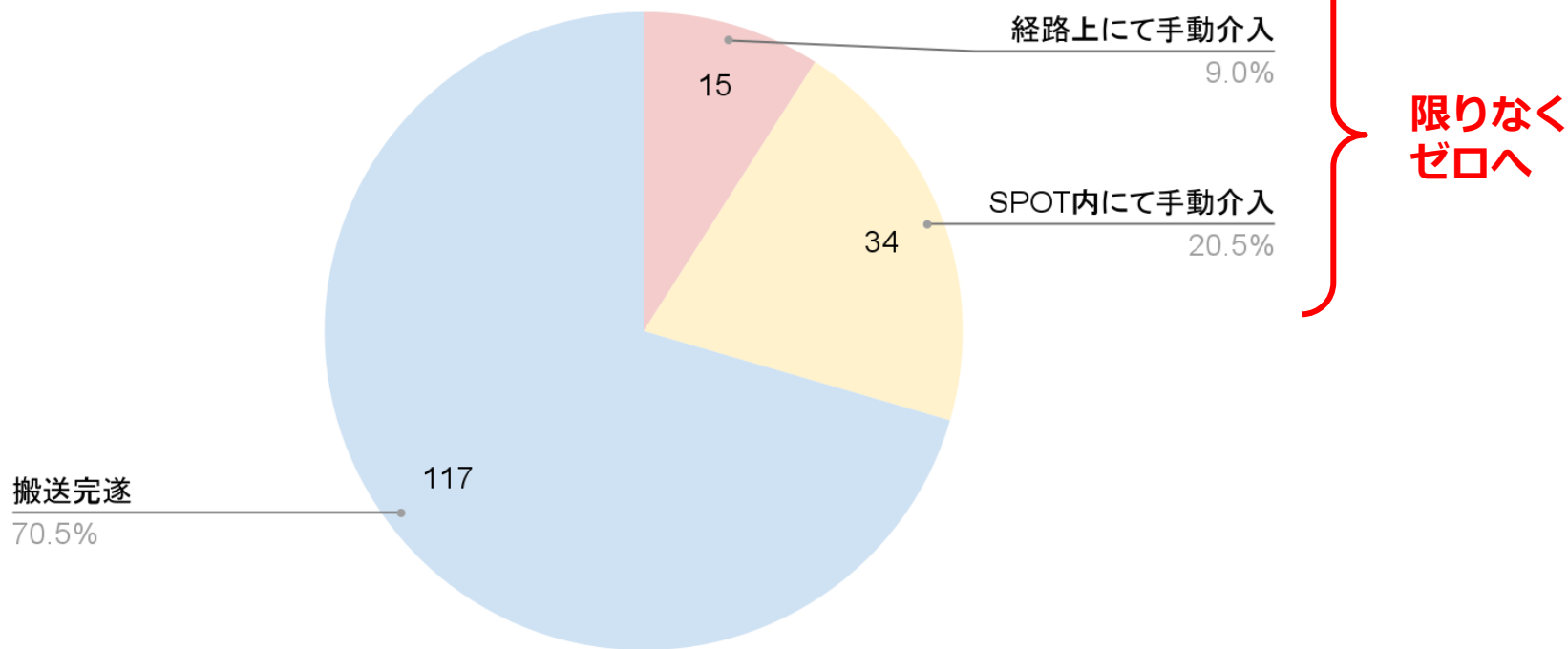
日時	場所	手動介入	状況	自動TT導入後におけるリスク
7/8 14:45	#56前 交差点	なし	交差点で右折する自動TTを合流させた際に、早めにウィンカーを出した左折車が交差点手前で左折せず、直進したため、交差点合流判断者が危険を感じ、緊急停止	#56前交差点における右折合流は行わないため、 リスクなし
7/11 17:30	#57前	あり	B8T誘導者が車道におり、追従車両監視者が念のため、緊急停止	誘導者両脇に赤コーンをおいており、緊急停止せずとも、障害物検知で停止する。今後、車道作業者の 赤コーンを置く位置についてルール設定が必要

今後に向けて**横断歩道ルール・車道作業者(航空機誘導者等)の赤コーン設置位置**について
ルール内容の整理・ルール設定・徹底が必要

4) 自動走行の完遂率

自動走行開始地点より終了地点まで自動走行を完遂できたのは、全体の**70%**(117回)。
残り30%は自動走行中に自動TTが一時停止または緊急停止し、手動介入を実施。
手動介入場所は**SPOT内が21%、搬送経路上が9%**。

搬送完遂率 (手動介入位置内訳)



省人・省力効果を得るために、**自動走行完遂率を限りなく100%へ近づける**必要あり

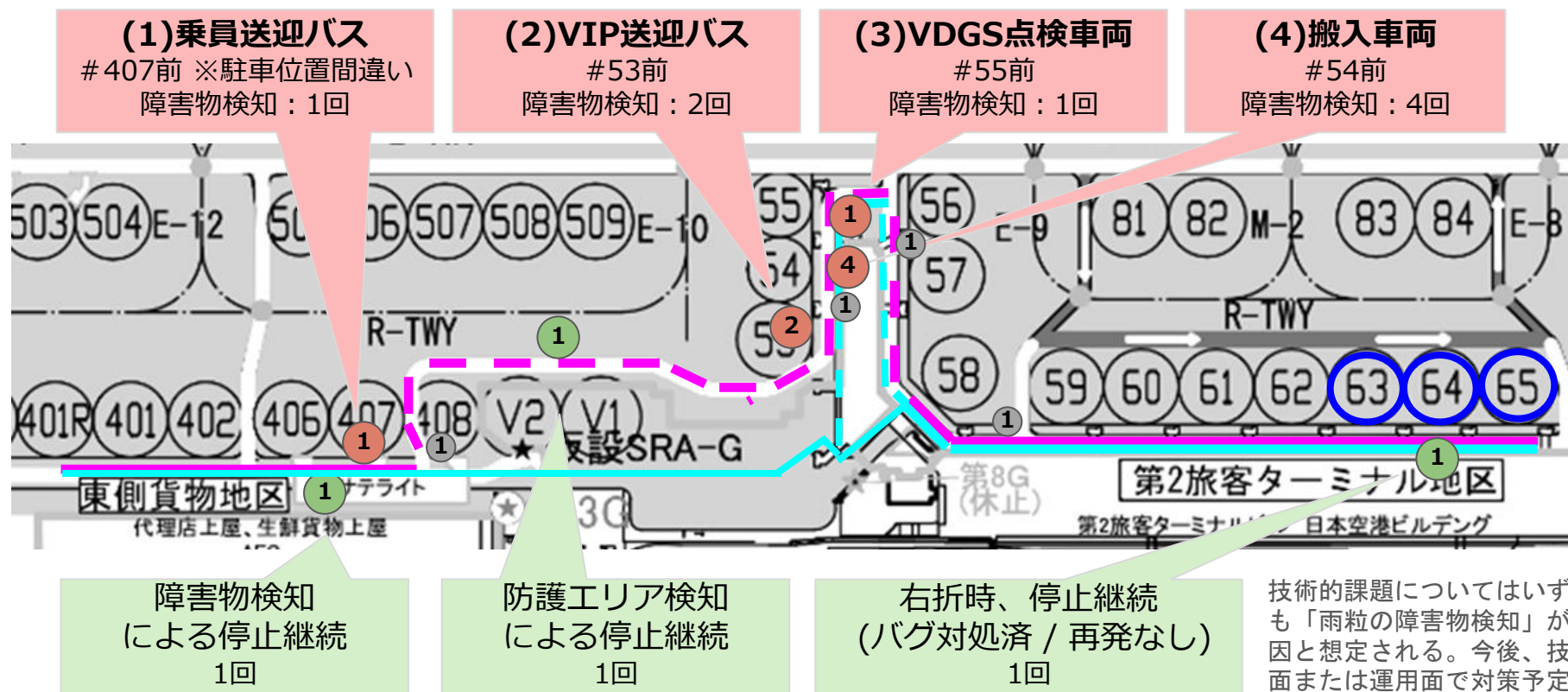
5) 手動介入箇所 ①経路上 15件

経路上の手動介入箇所・原因は以下の通り。(オーバーライドおよび緊急停止の詳細・課題はp.7記載)
技術的課題のない一時停止は、全て**車道脇の駐停車車両を障害物検知**をしたことによるもの、
駐車位置間違いの(1)を除き、**一車線区間で発生**。

8 技術的課題なし
(仕様通りの動作)

3 技術的
課題確認中

4 オーバーライド
・緊急停止

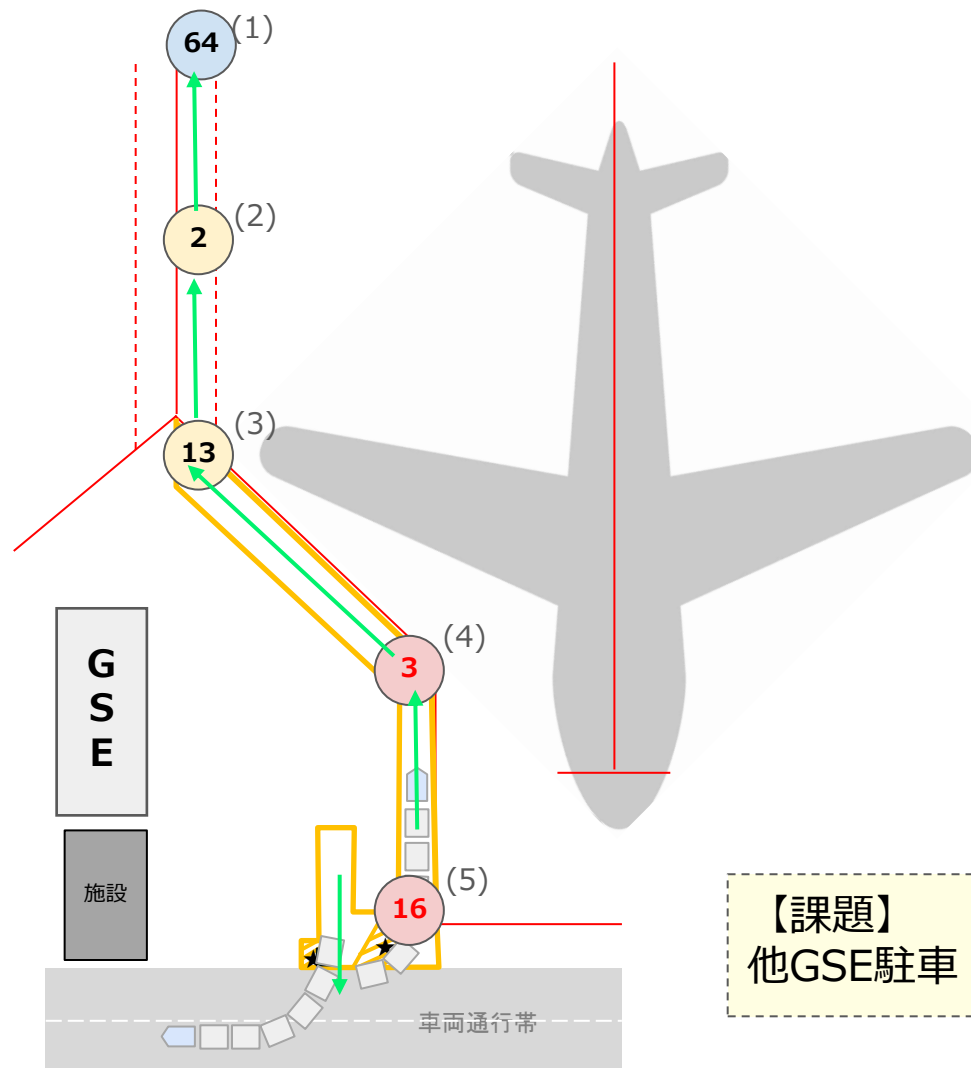


【課題】

北ピア周回経路など一車線区間における自動TT走行経路と他車両駐車位置の整理が必要



経路上の手動介入箇所は以下の通り。98回進入中34回で障害物検知による手動介入実施。
うち19回(全体の19%)は牽引ドーリーが車両走行帯へはみ出す位置(下記(4)(5))において、
障害物検知による一時停止が発生した。



障害物検知なく 到達できた位置	障害物	牽引ドーリー の車両走行帯 へのはみ出し	到達 回数	
(1)GSE待機区域奥 (自動走行終了地点)	無	無	64	
(2)GSE待機区域 中央	GSE 待機区域 のGSE	無	15	2
(3)GSE待機区域 手前				13
(4)曲がり角	FWD HL	有	19	3
(5)SPOT入口	FWD HLに 寄り付いた ドーリー			16
合計			98	

手動介入 34回
↓
限りなくゼロへ

【課題】
他GSE駐車・停車位置とかぶらないSPOT進入経路の設定

1) 安全性

①**非常に高い**（事故の発生なし）

②**横断歩道自動TT優先ルール：有効**（事故・緊急停止・一時停止なし）

今回の試験運用では、横断歩道走行について以下の対応を実施

- 1.自動TTが視認できたら自動TT通過後の横断の協力依頼
- 2.横断歩道手前で速度を10km/hに落とす
- 3.「横断歩道を通過します」アナウンス

これらについて、2025年導入に向けて対応内容の精査・ルール化検討が必要。

③**SPOT内駐車禁止・立ち入り禁止ルール/マーキング：有効**

（SPOT内駐車禁止エリアにおける障害物停止は機体寄り付き中のHL・ドーリーのみ）

3. 5)課題により、SPOT進入経路位置の変更は必要。

④**航空機SPOT進入/退出中の自動TTのGSE待機区域進入：問題なし**（航空機ブレーキなし）

⑤**自動運転中の文言表示なし：問題なし**（前方・後方からLEDライトで認識可能）

⑥**停車時チョークセットなし：問題なし**（ブレーキの正常作動を確認。事故・緊急停止なし）

⑦**夜間走行：問題なし**（周囲からの認知性良好、監視カメラ画像良好）

※ただし、関係各所より車体認知性向上および自動TT挙動周知への要望あり

【課題】

1	横断歩道優先ルールの整理・設定検討		
2	車体認知性の向上検討	3	自動TT挙動周知（車線変更など）

2) 定時性

- **概ね問題なし**（自動TT起因の便遅延なし）
- 周辺車両への影響を抑制するため、**車両走行帯およびSPOT内における障害物検知による一時停止の発生をなくす必要**あり。
※3. 5)課題 と同
- **自動TT後方渋滞あり**（一車線区間を中心に常時5台程度渋滞）
カーブにおいて、自動TTが速度を15km/h未満へ減速する影響あり。
北延伸後工事後の走行経路では、カーブの出現回数が減ると想定されるため、試験運用時よりは緩和されることが予測されるが、以下対策を要検討。
 - ・ カーブにおける自動TTの速度向上（ただし飛躍的な向上は見込めない）
 - ・ 二車線化などによる追い越し可能な環境設定また、交差点における信号機運用においても自動TT後方に複数台車両が連なる可能性が高いことを考慮しておく必要あり。

【課題】

1	自動TT 後方渋滞の緩和策検討
---	-----------------

	課題	関連 ページ	対策案
1	一車線区間(北ピア周回経路)における自動TT経路と車両停車位置の整理	9	・ 自動走行経路位置と駐停車位置の調整 等
2	SPOT内自動TT経路の再検討	10	・ ERAから離れた位置への変更 等
3	横断歩道優先ルールの整理	7,11	・ HND内ルール整理および設定
4	航空機誘導などの車両走行帯上における作業時ルールの整理	7	
5	車体認知性の向上検討	11	・ 認知性向上が必要なシーンの検討 ・ 認知性向上のための手段検討
6	自動TT挙動周知 (車線変更など)	11	・ 事業者全体へ向けた挙動周知
7	自動TT後方渋滞	12	・ 自動TTカーブ速度の変更検討 ・ 追い抜ける環境設定

以上