

令和4年度 自動運転トロ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
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 実証実験結果（パレットドローリー牽引）



2023年2月28日

全日本空輸株式会社
株式会社豊田自動織機

 
Inspiration of JAPAN 株式会社 豊田自動織機

1. 実施概要
2. 車両概要
3. パレットドローリー検証ルート
4. パレットドローリーについて
5. 調査項目一覧
6. 調査結果と対応
7. 2023年度の実証実験計画案

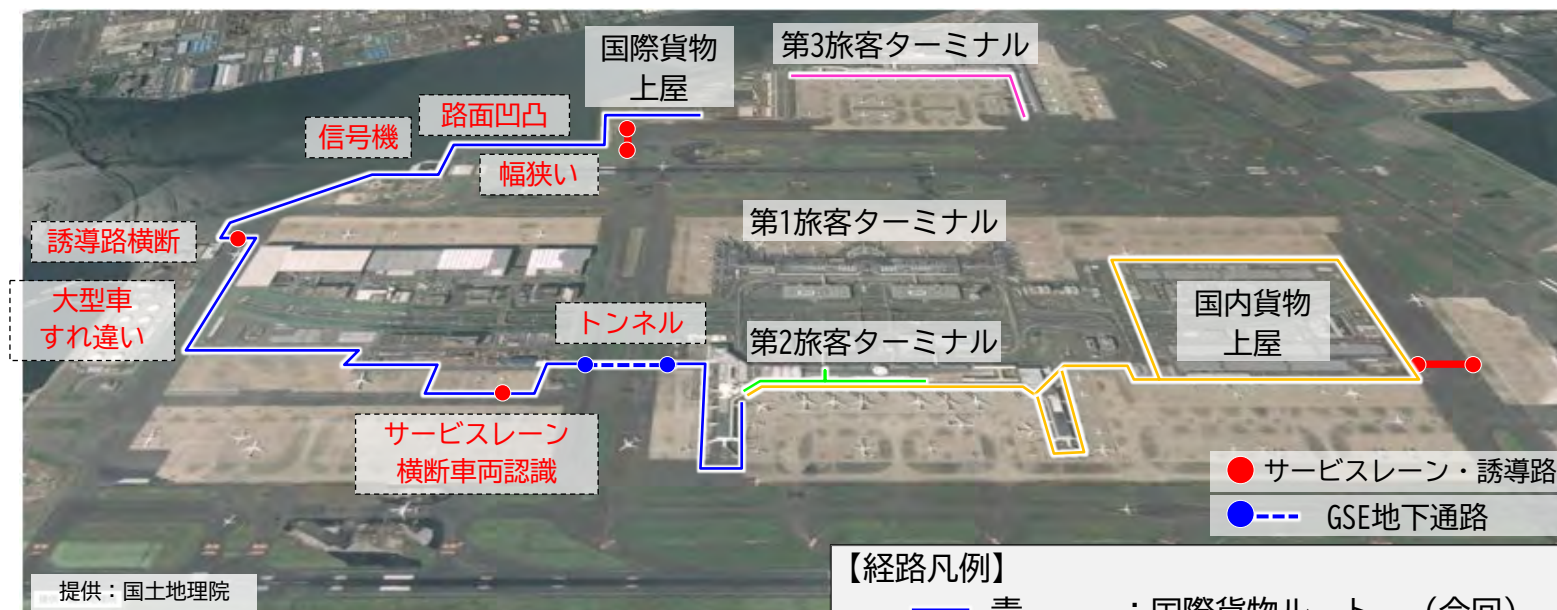
- ANAは豊田自動織機とともに、2025年内に羽田空港の国内貨物ルートにおいて、自動運転トローイングトラクターのレベル4 無人搬送の実用化を目指している。
- 国内貨物の次のステップである国際貨物ルートの実用化に向けて、国際線で使用するパレットドローリーの検証を手動運転で実施し、障害物検知の範囲やルート上の課題等を抽出する。
- トンネル自動走行については、技術的な課題があり、2023年4月以降へ延期する。

実施日時	パレットドローリー検証：2022年12月2日～16日 ※トンネル自動走行は2023年4月以降へ延期 ※期間中に関係者向けに自動運転レベル3 試乗を実施
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 電動車）
実施場所	羽田空港 制限区域内
走行ルート	パレットドローリー検証：国際貨物上屋⇄第2ターミナル 自動運転TT試乗：第2ターミナル地区
自動運転レベル	パレットドローリー検証：全て手動運転にて実施
実施者	全日本空輸株式会社、株式会社豊田自動織機

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"> ・ 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 	
ブレーキの有無		有	
走行制御の概要		<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 	
安全対策の概要		<ul style="list-style-type: none"> ・ 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) ・ 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 	
センサー等の概要		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		パレットドローリ調査時は手動運転（試乗時のみレベル3相当:運転席に係員が常に乗車で運航）	
その他		車両の運転状態をLEDで表示	



- 今回の検証ルートは、国際貨物の搬送ルートである第3ターミナル側の国際貨物上屋と第2ターミナルを結ぶ青色のルート。
- 実際にパレットドリーを2台牽引して、手動運転にてコーナーの内輪差や道路幅、大型車とのすれ違い状況、GNSS受信状況などを検証する。
- 国際貨物ルートは、国内貨物と比べて搬送距離が長く、途中に誘導路の横断や、トンネル、信号機、路面状態が悪いエリアなどがあり、難易度が高い。
- 一方、空港の現場からは、国際貨物ルートが最も省人化効果が大きく、無人搬送の実用化が強く求められているルートである。



【経路凡例】

- | | | |
|------|-----------|----------|
| 青 | ：国際貨物ルート | （今回） |
| 緑 | ：国内手荷物ルート | （21年度実施） |
| オレンジ | ：国内貨物ルート | （21年度実施） |
| ピンク | ：国際手荷物ルート | |

提供：国土地理院

- 国際貨物で使用するパレットドローリーは、国内で使用するコンテナドローリーと比べ、幅が広く、内輪差が大きいため、自動TTの走行軌跡への影響や、側方・後方・対向車の障害物検知影響を検証する

①コンテナドローリー



- 概略寸法：L3,800 W1,800 H543mm
- 最大積載：2,500kg
- ドローリー種類：2種類以上



- 最大けん引車両：6両
- 荷姿：コンテナ

②パレットドローリー



- 概略寸法：L5,400 W2,700 H618mm
- 最大積載：6,800kg
- ドローリー種類：4種類以上



- 最大けん引車両：2両
- 荷姿：コンテナ,不定形

【調査結果】 下記12項目の現場調査を実施し、課題を抽出

【今後の進め方】 今回抽出した課題に優先度をつけて、

'23年度羽田空港にて、自動運転を含めた実機確認を実施する

	中項目	No	調査内容	結果	課題と対応
通信状況	自己位置推定	1	GNSSの信号途絶区間	4 箇所	6頁参照
		2	3D-SLAMの使用懸念区間 (GNSS使用不可区間内)	1 箇所	
	FMS	3	4G/LTE回線の簡易電波強度	電波強度 弱の区間あり	8頁参照
すれ違い状況	障害物	4	誤検知有無	1 箇所 (GSE地下通路内平坦部)	7頁参照
		5	レーンチェンジ時の 後方検知エリアへの影響	レーンチェンジ箇所無し	(なし)
	経路計画	6	対向車とのすれ違い懸念場所 ・対向車線へはみ出し ・対向車を障害物検知	・対向車線にはみ出す場所：8箇所 ・障害物検知する場所：4箇所	9～12頁参照
		7	最小旋回半径	R6500 (車両最小旋回半径はR4000)	(なし)
道路状況	インフラ	8	オペレータによる安全確認実施場所	4箇所	13頁参照
		9	走行経路の道路幅	(調査できず)	別途、測定箇所を絞って測定
	路面状況	10	凹凸の有無	2 箇所	14頁参照
		11	水溜り箇所の有無 (水深20mm以上)	1 箇所	
その他	気遣い運転	12	作業者ヒアリング	気遣い運転、暗黙のルールあり	10/15頁参照

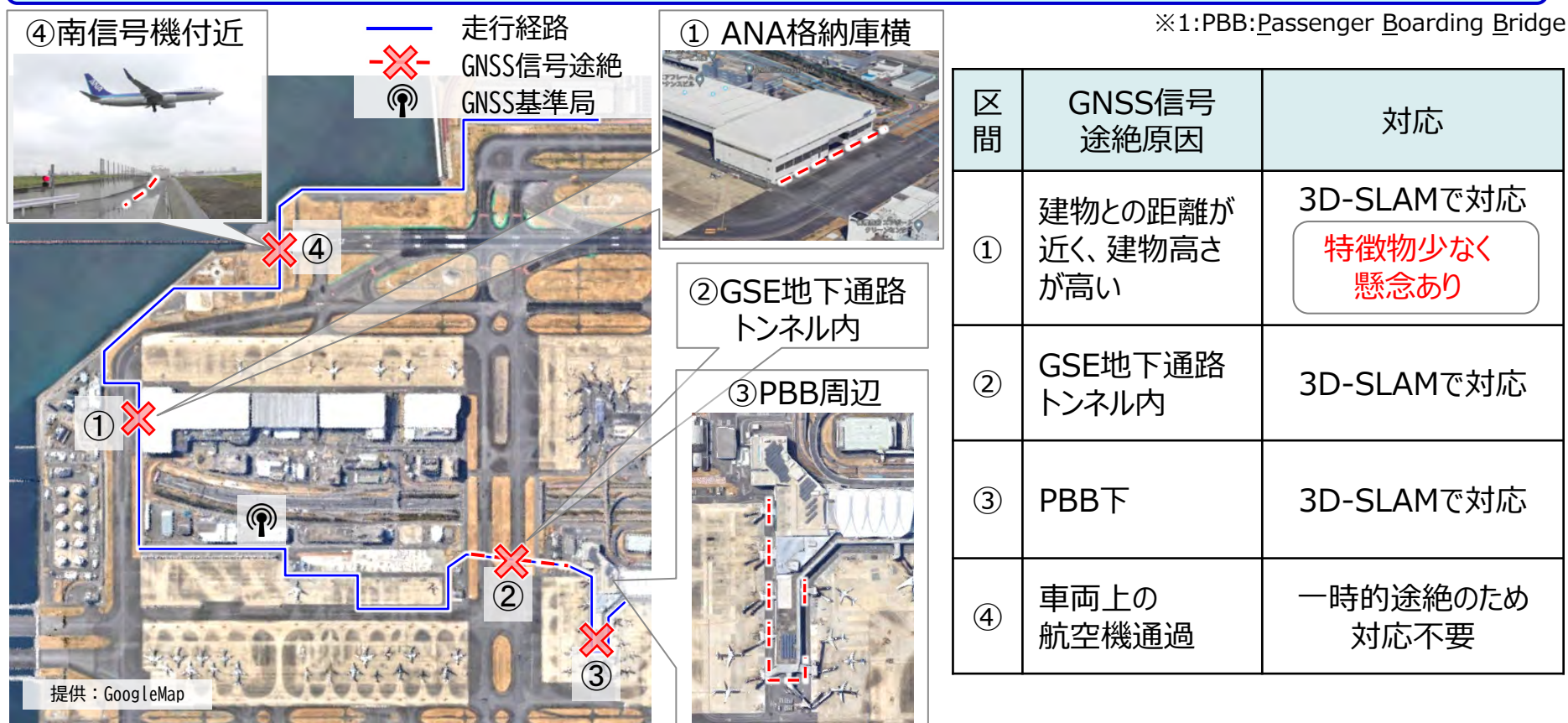
1) 自動運転

(1) 自己位置推定-GNSS

【目的】利用可能な自己位置検出器把握のため、GNSSの信号途絶区間を調査

【結果】①～④の区間でGNSS信号途絶発生

①ANA格納庫横 ②GSE地下通路トンネル内 ③PBB※1周辺 ④南信号機付近



区間①：3D-SLAM対応可否調査が必要

1) 自動運転

(2) 障害物検知

【目的】実走行により障害物誤検知有無を調査

【結果】GSE地下通路平坦部で路面に対し障害物誤検知あり

(事前の懸念地点:ブラスト注意区間の凹凸部、GSE地下通路坂路部 は障害物誤検知なし)

ブラスト注意区間の凹凸部

○誤検知なし



GSE地下通路の坂路部

○誤検知なし



GSE地下通路平坦部

▲誤検知あり

提供 : GoogleMap



レーザ点群高密度センサを採用し、障害物誤検知を防止

1) 自動運転

(3) 通信状況調査 (FMS-車両)

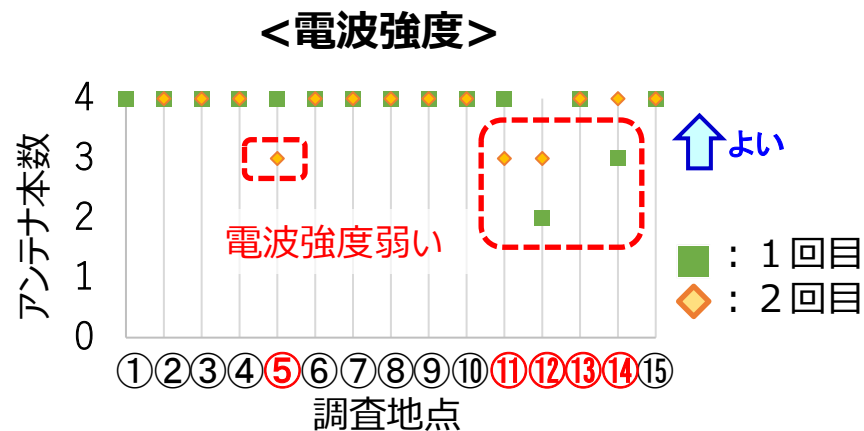
※1 MVNO : Mobile Virtual Network Operator
 docomoなど携帯キャリアから通信インフラを
 借り受け、通信サービスを提供する事業者

【目的】FMS-車両間通信で使用する 4G/LTE回線の通信状況を調査
 (MVNO※1を利用し、スマートフォンによる走行経路上の簡易調査を実施)

【結果】通信できない区域はないが、**電波強度が弱い地点あり**

⑤:GSE地下通路トンネル内

⑪~⑭:L-3/P-3誘導路南側からA誘導路サービスレーン付近



(参考：調査条件)

MVNO : TOKAI社 ('21/12~'22/3月の実証実験で使用)

回線 : docomo

測定機器 : スマートフォン

調査地点 : 自動走行経路上の変化点でサンプリング

回数 : 各地点で2回

空港内自動化区域の**拡張予定を視野**にいれ、
 通信回線2重化を想定した通信会社選定の**進め方協議・詳細調査が必要**

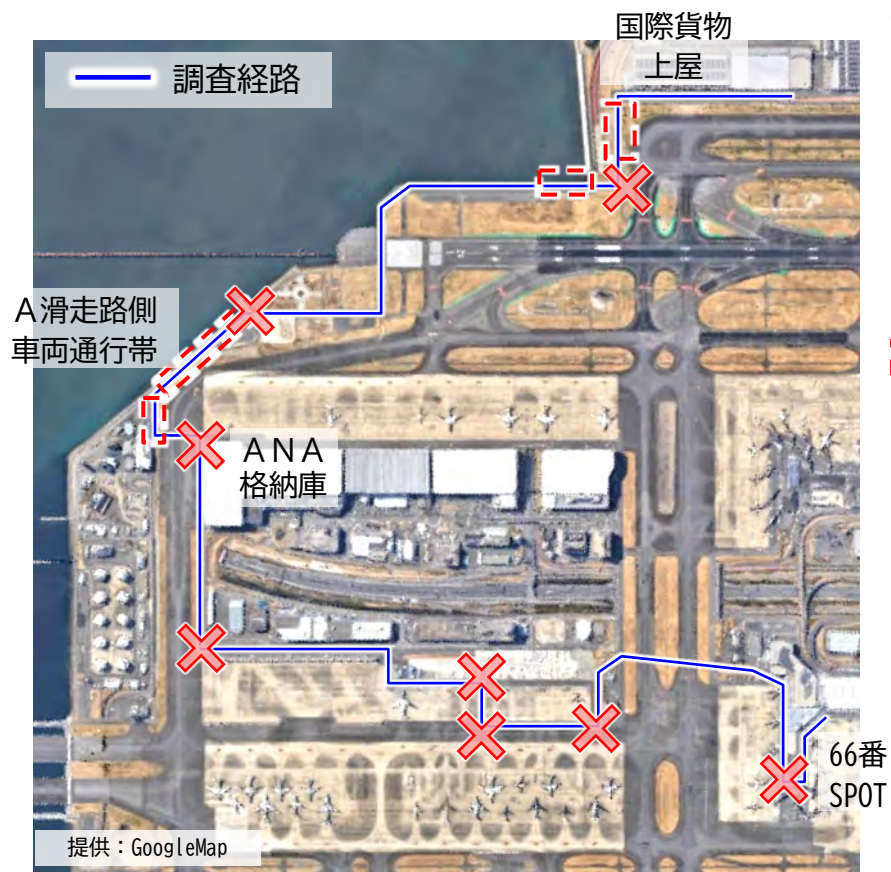
2) 走行経路

(1) 対向車とのすれ違い

【目的】パレットドレーのけん引走行時、対向車とのすれ違い可否を調査

(熟練トイングオペレータによる走行経路調査)

【結果】直線、カーブ共にすれ違いに懸念のある場所を12か所抽出



❌：対向車線にはみ出す場所

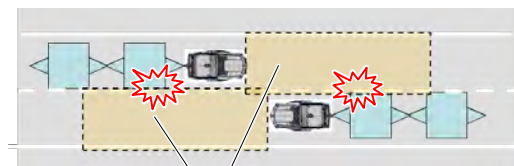
8か所



パレットドレーの内輪差を考慮して
大回りで旋回

❌：対向車を障害物検知する場所

4か所



障害物検知エリア

車線が狭く、
対向する大型車や
パレットドレーを
障害物検知

※次頁以降で下記3エリア別に調査結果を報告

(1) 国際貨物上屋付近エリア

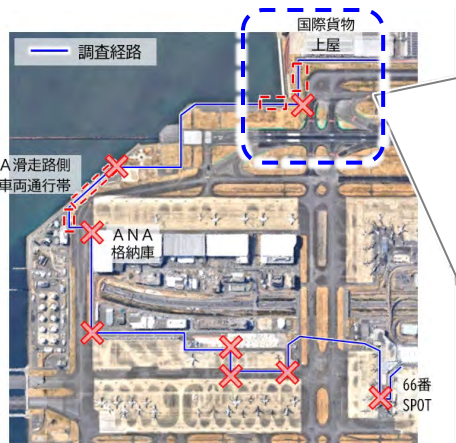
(2) A滑走路側エリア

(3) ANA格納庫～66番スポットエリア

2) 走行経路



(1) 対向車とのすれ違い ①国際貨物上屋付近エリア



○ : 一旦停止線で停車すれば
大型車とすれ違い可能

▲ : 道幅狭く、慣習的に片側通行
(対向車進入をドライバーが目視確認)

▲ : 大型車との対向通行時は
既定の停止線より手前で停止要
⇒手前位置の場合、
対向車の進入有無を目視できない



大型車通行時
停止位置

既定の停止線

目視確認
できない

▲ : 道幅狭く、対向車線にはみ出し

案3 : 迂回路設置
(イメージ図)

- ・相互通行可能な車線幅確保
- ・ブラスト回避距離を確保

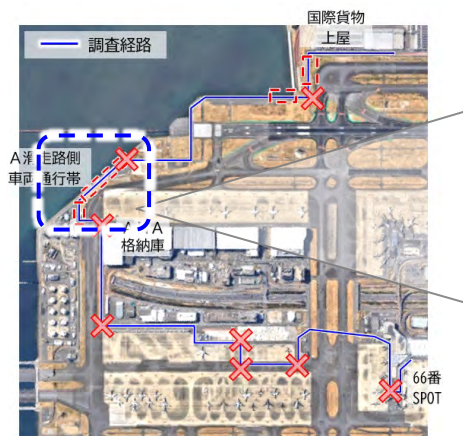


今後の対応として、下記3案をご提案 (今後、国交省と要相談)

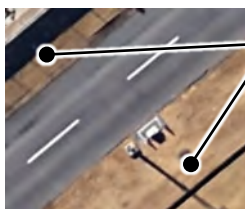
案	内容	必要工事	運用制限
1	停止線手前に自動機連携信号を設置、片側通行とする	信号機設置	有 片側通行 ブラスト制限
2	相互通行可能な車線幅に拡張	車線拡張	有 ブラスト制限
☆ 3	相互通行可能な車線幅、ブラスト回避距離を確保した迂回路を設置	道路新設	無 -

2) 走行経路

(1) 対向車とのすれ違い ② A滑走路側エリア



案 2 / 3 : 車線幅拡張
(イメージ図)



道路脇の緩衝域に車線拡大



▲ : 対向車線に大きくはみ出す



▲ : 道幅狭く、対向車のパレットドリーを障害物検知

○ : パレットドリーすれ違い可能

▲ : 大型車の場合はすれ違い不可

※通行する車両種類と車格の調査必要

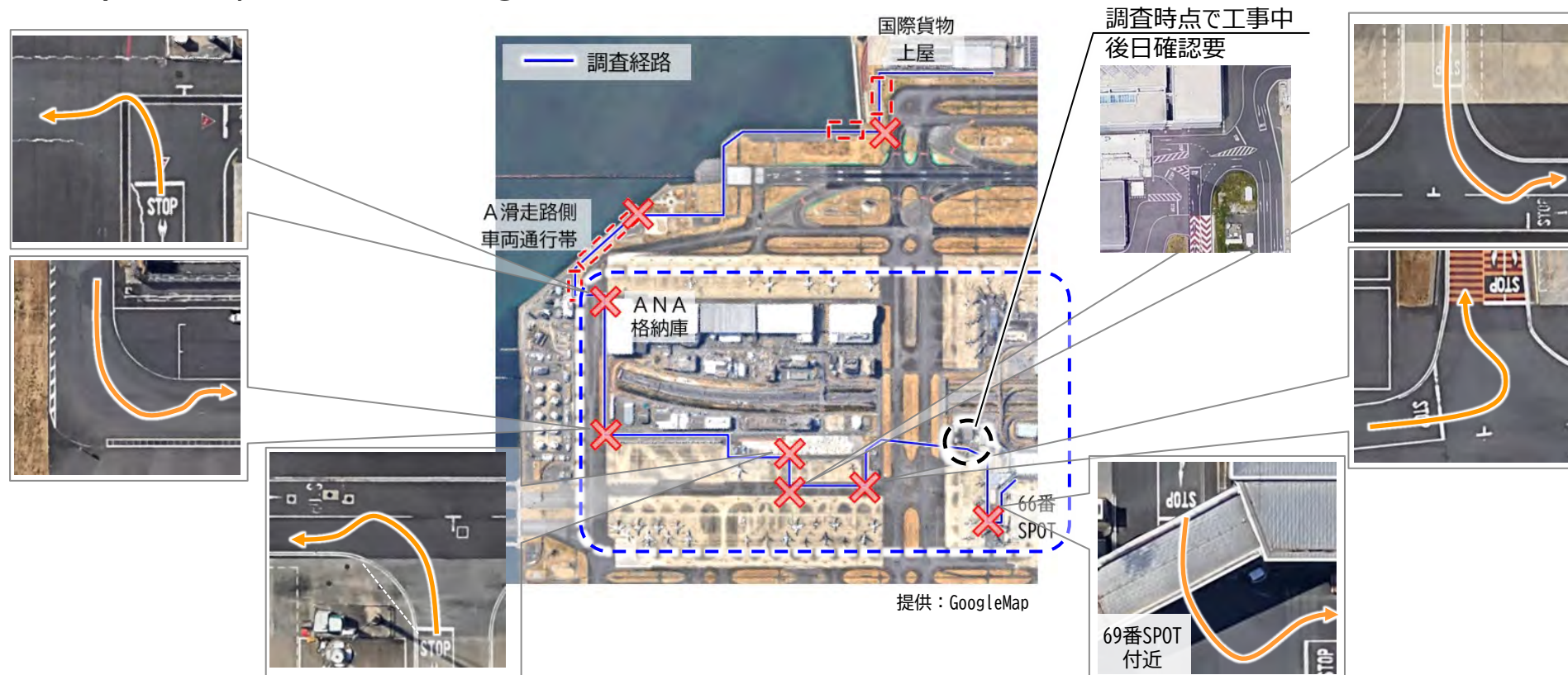
今後の対応として、下記 3 案をご提案 (今後、国交省と要相談) ※車線幅拡張の可能性検討が必要

案	内容	必要工事	運用制限
1	自動機連携信号を設置、片側通行とする	信号機設置	有 片側通行
2	直線部：相互通行可能な車線幅に拡張 カーブ部：有人車は目視による気づかい運転、 自動運転車同士はFMSによるカーブ部進入制限	直線部 車線拡張	有 カーブ部 片側通行
3	相互通行可能な車線幅に拡張	車線拡張	無 -

2) 走行経路

(1) 対向車とのすれ違い ③ ANA格納庫～66番スポットエリア

— 有人走行軌跡



今後の対応として、下記2案をご提案（今後、国交省と要相談）

案	内容	必要工事	運用制限
1	有人車は目視による気づかい運転、 自動運転車同士はFMSによるカーブ部進入制限	(不要)	有 交差点 片側通行
☆ 2	相互通行可能な車線幅になるよう内側に車線位置を変更 (パレットドレー 2 連結時の内輪差軌跡調査必要)	車線 引き直し	無 -

2) 走行経路

(2) オペレータによる安全確認実施場所

 他事業者との協議が必要な項目

【目的】人による安全確認実施場所の抽出（自動化への移行懸念）

【結果】4 箇所抽出

①南信号機付近

- ・手動信号操作による片側交互通行



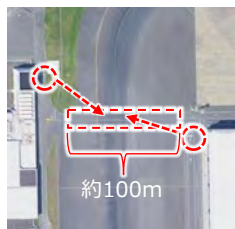
②A誘導路サービスレーン

- ・誘導路移動中の航空機を目視確認



A誘導路通過の航空機は速度が速く、駐機中航空機や建物で確認しにくい

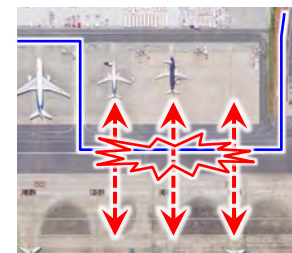
- ・サービスレーン移動中の大型GSE車両を目視確認



提供：GoogleMap

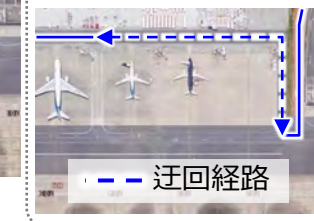
③SPOT601～603付近

- ・車両通路を横断する航空機を目視確認



航空機横断

案：迂回路設置
(イメージ図)



迂回路

④GSE地下通路

- ・トンネル内を通行する大型GSE車両をカーブミラーで目視確認



カーブミラーで確認



今後の対応として、下記案をご提案（今後、国交省と要相談）

- ① 自動機連携信号に変更
- ②④ インフラカメラやGPSなどによる航空機、大型車両の移動監視とFMS連携
- ③ 迂回路を設置

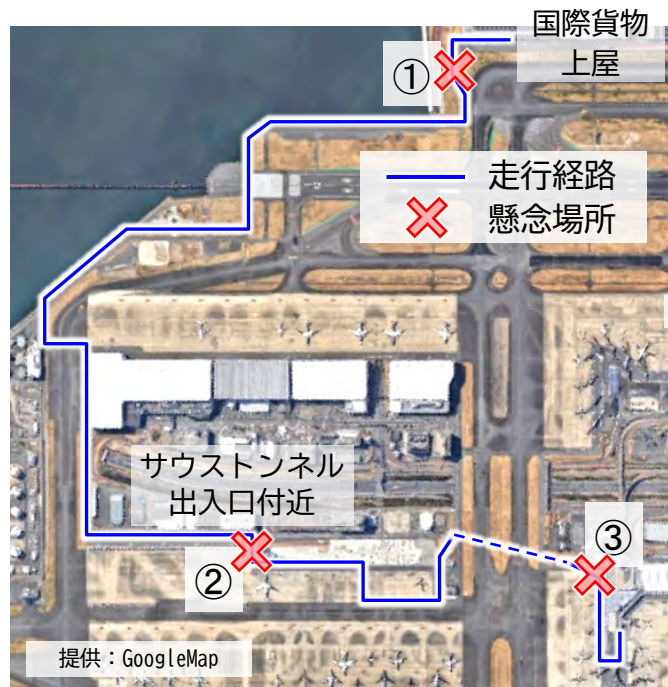
2) 走行経路

(3) 路面状況

【目的】自動運転車両に影響を与える路面凹凸の確認 (入力加速度を測定)

【結果】低周波成分 (フレームへの影響懸念) : 懸念なし

高周波成分 (センサへの影響懸念) : 3個所で懸念



① 国際貨物上屋前

▲路面に凹凸、亀裂部あり



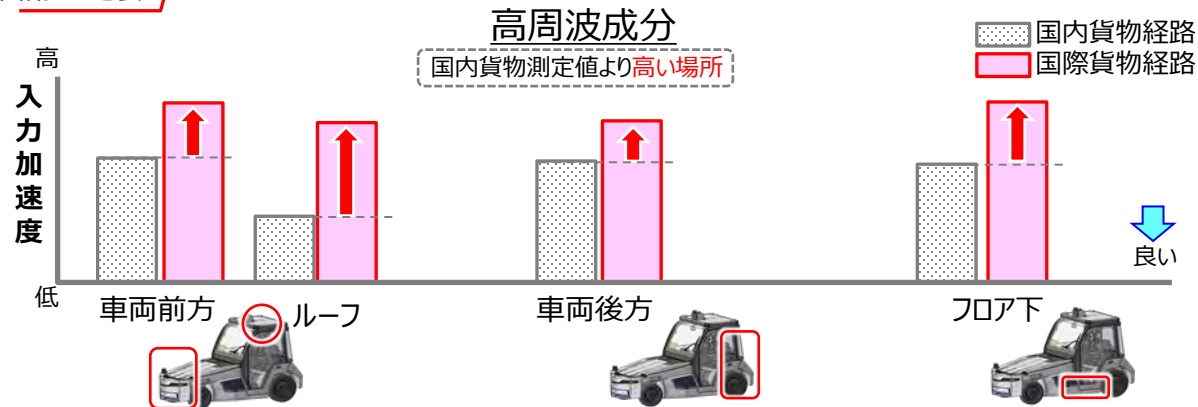
② サウストンネル出入口付近

▲通路上にグレーチングあり



③ 車両発進/停止時

▲ドリー連結部衝撃 (推定)



今後の対応として、下記案をご提案 (今後、国交省と要相談)

- ① 路面凹凸/亀裂部の整備と環境維持ルール策定
- ② 車両通行部分のグレーチング撤去 又は 通過スピード低減
- ③ 加速度発生メカニズムの詳細調査を実施し、対策検討要

3) その他

 他事業者との協議が必要な項目

【目的】 事前調査項目以外で自動運転車運用への懸念有無を確認
【結果】 懸念状況 6 件を抽出

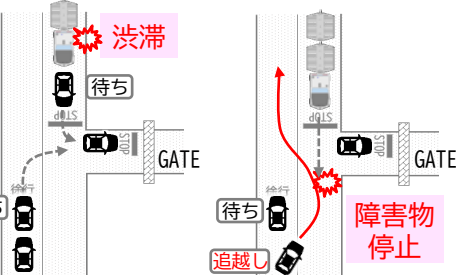
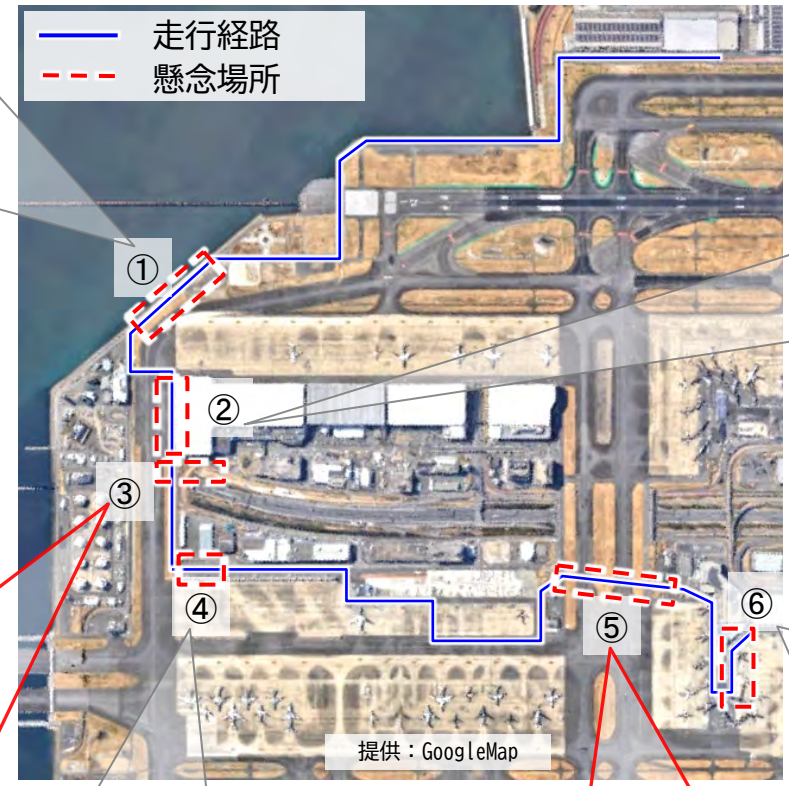
① A滑走路側車両通路

- ・通路脇雑草による環境変化
- ▲ 自己位置推定への影響懸念 (3D-SLAM)
- ▲ 障害物検知による停止



③ 第4ゲート交差点

- ・ゲート通過待ちの車両渋滞
- ▲ サイクルタイム悪化
- ・渋滞回避車両の対向車線はみだし
- ▲ 障害物検知による停止
- ・暗黙の先着車両優先ルール
- ▲ 先着順判断不可


② ANA格納庫前

- ・航空機の車両通路横断
- ▲ 航空機検知



⑥ 第2ターミナル南ピア車両道路


- ・片側1車線道路にバス駐車
- ▲ 障害物検知による停止



④ エンジンメンテナンスビル横

- ・車両通路にはみ出した駐車ドオリ
- ▲ 障害物検知による停止

はみ出し



⑤ GSE地下通路

- ・豪雨時冠水による走行禁止
- ▲ 冠水区間への進入
- ▲ 走行禁止区間前での停止 (他車両の邪魔になる)

各項目の対応案は次ページに記載

3) その他

 他事業者との協議が必要な項目

前述の懸念 6 件に対し、下記の進め方/対応案をご提案（今後、国交省と要相談）

懸念	懸念事項	進め方/対応案
①	A滑走路側 車両通路 通路脇雑草による環境変化 ▲自己位置推定への影響 ▲障害物検知による停止	雑草の定期メンテナンス
②	ANA格納庫前 航空機の車両通路横断 ▲航空機検知	航空機格納時の連絡経路明確化とFMS連動
③	第4ゲート交差点 ゲート待ちの車両渋滞 ▲サイクルタイム悪化 渋滞回避車両の対向車線はみだし ▲障害物検知による停止 暗黙の先着車両優先ルール ▲先着順判断不可	要協議 該当交差点の運用ルールを明確にし対応を協議 ・車線拡張 ・ゲート通行と連携した信号機設置 など
④	エンジンメンテナンスビル横 車両通路にはみ出した駐車ドーリ ▲障害物検知による停止	自動走行領域への機材はみだし防止の徹底
⑤	GSE地下通路 豪雨時冠水による走行禁止 ▲冠水区間への進入 ▲走行禁止区間前での停止	要協議 冠水情報のFMS連動や走行禁止区間の退避運用（経路変更など）の検討
⑥	第2ターミナル南ピア 車両通路 片側1車線道路にバス駐車 ▲障害物検知による停止	車両駐車場所（SPOT脇のバス駐車場所の確保）や駐車方法のルール化

- 国内貨物ルート：交差点での信号連携制御・インフラカメラ検証、及び
'25年実運用にむけたレベル4運用実証実験準備を実施
- 国際貨物ルート：今回の抽出課題のうち、GNSS途絶区間の3D-SLAM検証を実施

経路区分	国内貨物ルート	国際貨物ルート
実施内容	①信号連携制御検証 ②レベル4運用実証実験準備 ③インフラカメラ（貴賓室横交差点）検証	GNSS途絶区間の3D-SLAM検証
実施日時	①2023年8月以降（調整中） ②2024年3月以降（調整中） ③（調整中）	2023年6月以降（調整中）
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	
実施場所	羽田空港 制限区域内	
走行ルート	第2旅客ターミナル地区	国際貨物上屋⇄第2旅客ターミナル
自動運転レベル	①レベル3、②レベル4	レベル3
実施者	全日本空輸株式会社、株式会社豊田自動織機	



提供：国土地理院

【経路凡例】

- 青：国際貨物ルート
- オレンジ：国内貨物ルート

以上

日本航空株式会社



JAPAN AIRLINES

2022年度 自動運転トーイングトラクター 実証実験計画書

日本航空株式会社
グランドハンドリング企画部
2023年2月

目次

- 1.自動運転トーイングトラクターの取り組み(FY22)
- 2.使用車両
- 3.実証実験目的
- 4.走行ルート・走行条件
- 5.実証実験検証項目

1.自動運転トローイングトラクターの取り組み(FY22)

現在の状況

➤ FY22 第1回実証実験結果

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



前回の課題

➤ 誤検知による停車

- ①誤検知で停止した166回のうち161回(97.0%)は濡れた路面を障害物として認知、また雨滴を誤検知したことによるものが大半であり、雨天走行時に全く走行できないことが課題である。

今回の実証実験

➤ FY22 第2回実証実験

2023年2月1日～3月3日(昼間帯で実施)

前回実験時との変更点

- ①雨天時の路面認知機能向上を目的としてソフトウェアのバージョンアップを実施(V11→V13へ)
- ②自動運転車両側のハード面に変更はなし

今回の実証実験で達成したい事

- ①雨天時における誤検知停車20%以下を達成(前回97%)
- ②遠隔監視システムを用いて各交差点間で安全な停止と始動

2.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台を実証実験で使用し、もう1台は実運用で使用する。

前回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.13)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	レベル4に向けた実証実験(前回)	前回の結果	レベル4に向けた実証試験(今回)
ソフトウェアのバージョン	Ver.6	Ver.11	Ver.11	Ver.13
交差点における他車両の認識範囲	平均22m(実績値)**	平均35m**	平均33.4m	35m以上
カーブ走行時の速度	平均6~8km/h**	平均10km/h**	平均9.9km/h	平均10km/h***
交差点で一旦停止後の再加速	0.5m/s ² **	1.0m/s ² **	1.0m/s ²	1.0m/s ²

②遠隔監視システムを有効化し、各セクション間にて正しく停止、発進ができることを確認する。

実績値、*理論値

3.実証実験目的

前回の実証実験から課題となっている以下の点について、ソフトウェアのバージョンアップによる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。

	前回の実証実験結果 (2022年9月時点、ソフトウェアVer.11)	今回の実証実験 (ソフトウェアVer.13)
交差点における他車両の認識精度	交差点における他車両の他車認識範囲の平均は33.4mであり目標未達(目標値平均35m)	交差点における他車両の認識範囲を改善し再検証
技術起因のスピード低下	カーブでの走行は平均9.9km/hであり目標未達(目標値:平均10.0km/h)	カーブでの走行平均10km/hを目標として再検証
交差点再発進時の挙動改善	交差点再発進時の加速度は向上目標達成	⌘
降雨時の走行安定性向上	①濡れた路面、雨滴を障害物と認識することが多発 ②V11での路面認識機能により、誤検知が多発	濡れた路面を正しく認識するか性能向上を再検証 V13へのアップデートで改善される見込み

4. 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

- ◆ 雨天走行においては、気象サイトにて得た降雨量をログブックに記録し、降水量(1mm～3mm)に応じた、走行モニターを実施する。
- ◆ 走行条件限界の降雨3mm以上については実証実験を中止する。



引用元：Google社 Google マップ、Google earth ★=起点/終点

5.実証実験検証項目

実験期間中は、自動運転による実走行を最低10時間実施し、以下の項目について実績を検証する。

	検証項目	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車した後、遠隔監視者が車両のカメラから得た映像をもとに周囲の安全を確認し、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	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
	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
品質	車両およびシステムによる走行停止	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