

令和2年度
トーイングトラクター自動走行実証実験
結果・進捗報告

国土交通省航空局

令和2年12月

- ・ Aグループ P. 2
 - － 全日本空輸株式会社、株式会社豊田自動織機

- ・ Bグループ P. 20
 - － 日本航空株式会社

- ・ C・Dグループ P. 31
 - － AiRO株式会社

Aグループ

全日本空輸株式会社
株式会社豊田自動織機

空港制限区域内の自動走行に係る試験運用

試験運用結果報告

全日本空輸株式会社
株式会社豊田自動織機

令和2年12月14日

1. 車両概要

実験車両の概要

- 試験運用期間中は車両正面及び側面とコンテナ背面へ「試験運用中」ステッカーを取り付け予定。

使用車両	SIMAI製トローイングトラクター TE152
乗車定員	2名
全長/全幅/全高 [mm]	2853 / 1346 / 2300
車両重量	2280kg
ハンドルの有無	有

走行制御技術の概要

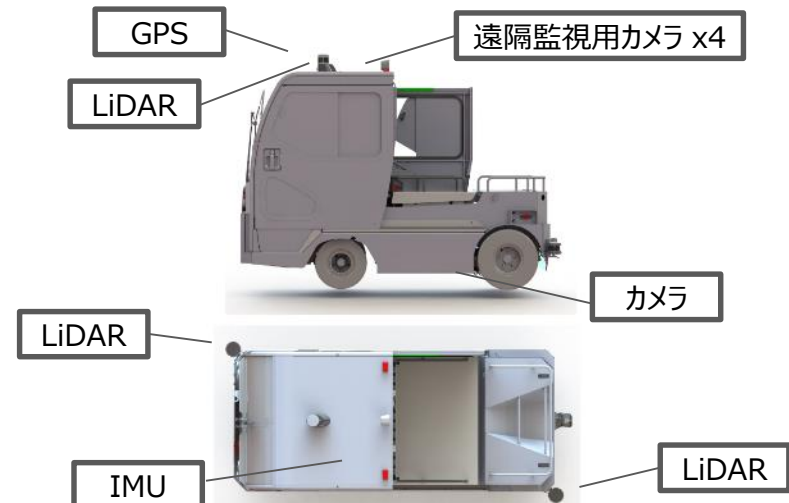
- 車両自律型
- 路面パターンマッチング、GPS、IMU等から得られるセンサ情報を統合し自己位置を推定
- LiDARにより車両周辺の障害物・車両・人を検知
- 緊急時対応のため、車載非常停止及び遠隔非常停止を具備



車両外観写真

センサ等の概要

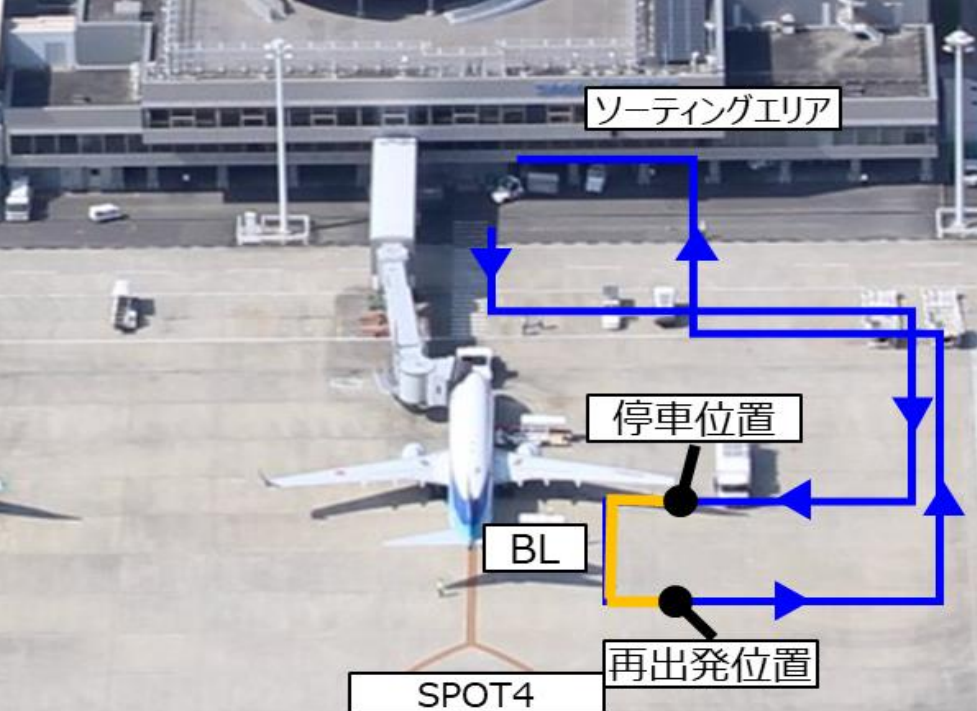
- 路面パターンマッチング用カメラ 1基
- 遠隔監視用カメラ 4基
- LiDAR 計3基
- IMU 1基
- GPS 1基



2. 試驗運用結果

試験運用概要

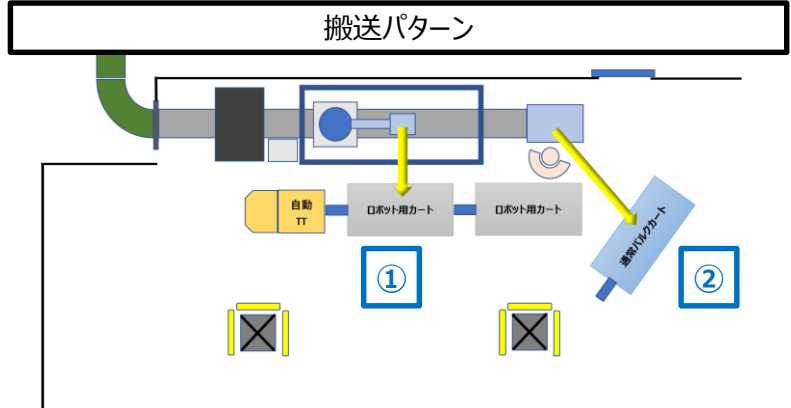
目的	手荷物積み付けロボット・自動運転TTの連動で実際の定期便出発のオペレーションを実施し運用面を中心とした検証を実施する。
実施日時	2020年9月28日(月)～10月05日(月) 08:30~16:00 実施期間中の天候:晴
実施場所	九州佐賀国際空港
対象便 (羽田行き)	ANA454(A320) 09:55出発 ANA456(A320) 15:50出発
走行ルート	手荷物仕分場～SPOT4～手荷物仕分場 (約200m/1回) ※黄色:手動運転 青色:自動運転



ANA 454(A320 バラ積み搭載のみ) 09:55出発

搬送パターン

- ① バルクカートを使用した搬送(自動運転)
- ② バルクカートを使用した搬送(自動運転)



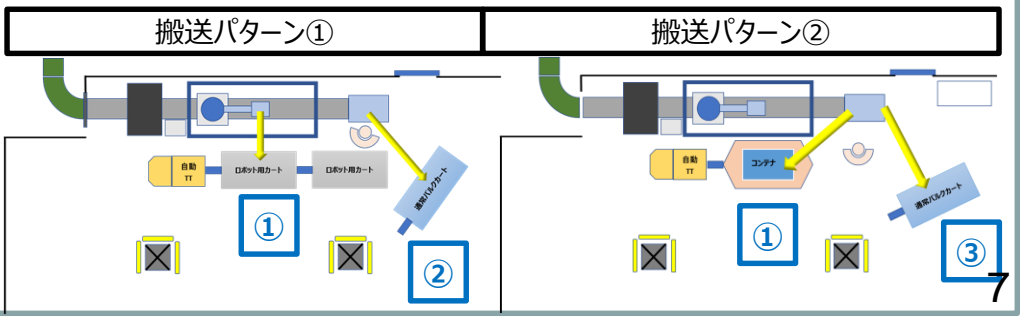
ANA 456(A320機材 コンテナ搭載+バラ積み搭載) 15:50出発

搬送パターン①(搬送量が少ない場合)

- ① バルクカートを使用した搬送(自動運転)
- ② バルクカートを使用した搬送(自動運転)

搬送パターン②(搬送量が多い場合)

- ① バルクカートを使用した搬送(自動運転)
- ② コンテナドレーを使用した搬送(手動運転)
- ③ バルクカートを使用した搬送(自動運転)



実証実験結果

走行距離	総走行距離	4.8(km)	予定していない手動操作の回数	合計回数	0(回)
	うち、自動走行距離	今回計測未実施		自動走行距離あたり回数	0(回/km)

自動搬送 計測結果						手動搬送 計測結果				
NH454 (STD09:55)	ロボット停止から搭載開始	搬送個数	カットボード到着から搭載開始	搬送個数	搭載完了時刻	NH454 (STD09:55)	②SBAL停止から搭載開始	搬送個数	カットボード到着から搭載開始	搬送個数
9月28日(月)	05:28	10	06:23	12	09:43	10月15日(木)	05:07		01:51	
9月29日(火)	06:12	6	05:50	14	09:43	10月20日(火)	06:53	17	01:46	20
9月30日(水)	04:47	6	05:36	13	09:42	10月21日(水)	04:03	21	1回搬送のみ	—
10月01日(木)	05:01	11	05:28	14	09:43	10月22日(木)	09:36	21	02:38	4
10月02日(金)	04:57	12	03:40	17	09:42	10月23日(金)	08:07	28	1回搬送のみ	—
10月05日(月)	03:53	16	03:11	18	09:43	平均	06:45		02:05	
平均	05:05	10.1	05:01	14.6						

検証内容	検証結果・技術的課題	今後の対応
運航便定刻出発への影響有無	試験運用実施便の全便が定刻に出発	—
安全性(対航空機・対他車両)	危険事象の発生はなく概ね良好	—
安全性(作業安全)	自動運転TT旋回時、車両後部へ取り付けしている3DLiDARが1台目バルクカート前方との接触リスクを確認。	次期車両開発において取り付け位置の検討及びカバーの装着を検討
作業効率性(車両操作・搬送作業)	<ul style="list-style-type: none"> 自動搬送は慣熟度が上がると搬送時間が短縮され、搬送時間は一定時間内に収まる傾向(搬送時間の安定)。一方、手動搬送は搬送時間にバラつきあり。 既存車両と比較しドリーへの連結作業に時間を要す。 自動運転TT車のドア開閉に手間取る。 作業指示端末操作が複雑。 	<ul style="list-style-type: none"> 自動運転だからこそ実現できるバラつきのない搬送業務の導入により効率化を推進する。 操作含めた純分な慣熟訓練の実施 現場スタッフの声として使いやすさについて次期車両開発において対応を検討
作業効率性(手荷物積み付けロボット)	積み付け終了から自動運転TT車の出発までの付帯業務(ネットかけ等)に時間を要す。	カイゼン活動による作業時間短縮(カイゼンにより約1分の作業時間短縮を予定)

搬送業務において自動運転技術を活用することは、手動搬送と比較し搬送時間のバラつきを安定化し短縮させることが確認でき、今後、省力省人化に大きく貢献する可能性があると考えられる。今後、効果を最大限に高めるべく完全無人自動運転の導入に向け引き続き取り組んでいく。

空港制限区域内で自動走行するために必要となる実証実験

今後、実用化に向けては各WG(インフラ・ルール)にて議論を深めながら、以下に挙げる実証実験が必要となってくると考えられる。

- ・有人車両の安全走行を立証する実験
 - 自動走行車両の存在認識(どこにいるか)
 - 自動走行車両の動作把握(これからどこへ移動するかが分かるか)
- ・歩行者の安全を立証する実験
 - GSE走行路を横断する場合の安全確保

その他

- ・車両自体に電磁ブレーキ機能が搭載されている場合のチョークの実施有無について、別途運用ルールWGにて議論が必要。

令和2年12月14日

自動運転レベル4の実用化に向けた
自動運転トローイングトラクター & 手荷物積み付けロボット
実証実験 実施計画書

(九州佐賀国際空港)

全日本空輸(株)
オペレーションサポートセンター
品質企画部

(株)豊田自動織機
トヨタL&Fカンパニー R&Dセンター
製品企画部 技術企画室

1. 実施概要

将来の自動運転レベル4の実用化に向け、制限区域内のオペレーションを模擬した専有空間（他車両等との混在なし）にて、自動運転トローイングトラクター（※制限付き自動運転レベル4）と手荷物積み付けロボットが連携したオペレーションを想定した実証実験を実施することで技術面及び運用面での課題の洗い出しを行う。

目的

※制限付き自動運転レベル4

- ・ 運転席及び助手席へのオペレーター搭乗なし
- ・ システムが全ての運転タスクを実施するが、システムの介入要求等に対して遠隔監視者が適切に対応

場所	九州佐賀国際空港 貨物上屋内及制限区域内 貨物上屋前専有空間
使用車両	豊田自動織機が開発したトローイングトラクター（TE152）
牽引	コンテナドーリー 2台(連結)
ドライバー	<p>自動運転区間は運転席及び助手席へのオペレーター搭乗はなし</p> <p>役割：手動区間の操作</p> <p>担当：豊田自動織機 社員（車両運転許可取得済み）及びANAスタッフ※別途訓練実施済み</p>
監視者	<p>役割：車外から自動走行状態を監視。緊急停止が必要と判断した場合には遠隔にて操作</p> <p>担当：豊田自動織機 社員及びANAスタッフ（車両運転許可取得済み）</p>
走行速度	最大15km/h（上屋内自動走行時は時速5km以下）
コース	貨物上屋内～貨物上屋前専有空間 260m/周 ※後述走行ルート参照
実施日時	準備：2020年11月30日～12月13日 実証実験：2020年12月14日～12月18日

2. 自動運転車両情報

- 実証実験期間中は車両正面及び側面とコンテナ背面へ「実証実験中」ステッカーを取り付け予定。

使用車両	SIMAI製トローイングトラクター TE152
乗車定員	2名
全長/全幅/全高 [mm]	2853 / 1346 / 2300
車両重量	2280kg
ハンドルの有無	有

走行制御技術の概要

- 車両自律型
- 路面パターンマッチング、GPS、IMU等から得られるセンサ情報を統合し自己位置を推定
- LiDARにより車両周辺の障害物・車両・人を検知
- 緊急時対応のため、車載非常停止及び遠隔非常停止を具備



車両外観写真

センサ等の概要

- 路面パターンマッチング用カメラ 1基
- 遠隔監視用カメラ 4基
- LiDAR 計3基
- IMU 1基
- GPS 1基



3-1. 実施条件

運転席	運転手の乗車は無し	
安全監視	あり(緊急停止ボタン所持)	
コンテナ及びドロー	有無	あり
	牽引台数	コンテナドロー2台(連結)
荷の有無	あり (ダミーの手荷物を搬送)	
天候等の気象条件	風及び雷：空港内オペレーション基準に準ずる	

3-2. 検証内容

将来の自動運転レベル4実用化に向けて、オペレーションを模擬した専有空間において技術面及び運用面の課題の洗い出しを行う。

検証項目	確認事項
技術面 自動運転技術	<ul style="list-style-type: none"> 直線/旋回走行時の安全走行（発信・停車・速度） 目標到着位置（上屋内 手荷物積み付けロボット）への正着（繰り返し停止精度） 自動運転レベル4実用化時に車両側に必要となる技術課題の洗い出し
運用面	<ul style="list-style-type: none"> 車両発進時の安全確認手順 手動/自動切替を含む、前後作業工程間の接続及び連携(手順等) 自動運転レベル4実用化時におけるグランドハンドリングスタッフの新たな作業工程モデルの検討

4. 自動運転走行ルート

① 手荷物積み付けロボットへの正着及び屋内走行

- ・ 手荷物取り下ろし及びコンテナ内確認
- ・ 自動運転により自動積み付け位置への正着
- ・ 手摘み位置正着及びコンテナカバークローズ

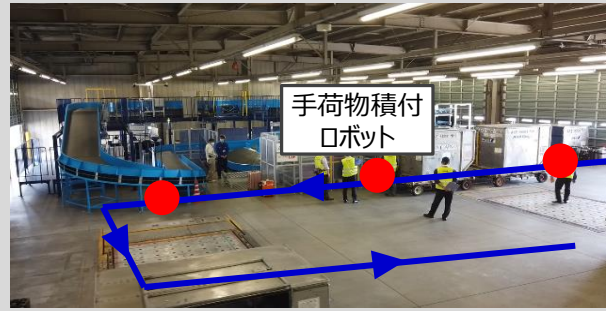
自動運転区間

手動運転区間



貨物上屋内

①



④ 他車両の追従走行 対向車線のすれ違い

- ・ 進行方向前を他車両が走行
- ・ 対向車線を他車両走行

③ ハイリフトローダー周辺における走行

- ・ ハイリフトローダー手前で手動切り替え
- ・ 手動運転によるハイリフトローダーへの正着
- ・ コンテナ移載
- ・ 再出発位置へ移動し自動運転へ切り替え

③

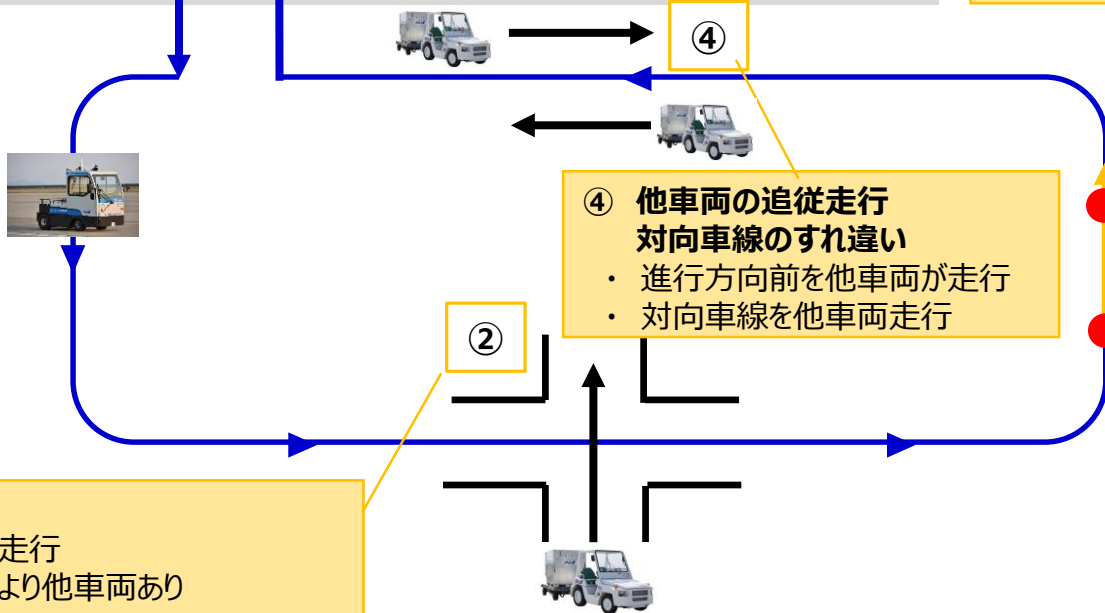
ハイリフト
ローダー



②

② 交差点走行

- ・ 交差点進入走行
- ・ 進行方向右より他車両あり



5. スケジュール

2020年11月～12月

日	月	火	水	木	金	土
	30	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

準備作業 (← →)

11月30日～12月11日(08:00～17:00)

実施場所：貨物上屋内～貨物上屋外（ランプエリア）

実施内容：

- ・地図作成
 - 手動運転にて走行。地図を作成し、走行ルートを定義
 - 自動で走行させ、地図上の走行ルートの形状を微調整
- ・走行テスト(自動運転・手動運転)
 - 停車位置・再出発位置の確認
 - ※手荷物積み付けロボットも併せて動作
 - 走行ルートにおける安全機能の動作確認・調整
 - 走行時の想定リスクへの対応確認 等

実証実験 (← →)

12月14日～12月18日(08:00～17:00)

実施場所：貨物上屋内～貨物上屋外（ランプエリア）

実施内容：

- 前後工程との接続、連携検証
- 制限付き自動運転レベル4実証実験本番へ向けた検証項目抽出

令和2年12月14日

自動運転トローイングトラクター試験運用(到着便) 実施計画書 (九州佐賀国際空港)

全日本空輸(株)

オペレーションサポートセンター

品質企画部

(株)豊田自動織機

トヨタL&Fカンパニー R&Dセンター

製品企画部 イノベーション推進プロジェクト

1. 実施概要

詳細内容 ※前回の試験運用は出発便オペレーションのみであったため、今回の試験運用は到着便オペレーションで実施。

目的	制限区域内における非専有空間（他車両等との混在空間）にて、実際の搬送業務オペレーションへ試験的に自動運転トローイングトラクターを投入し、オペレーション上における課題を検証
場所	九州佐賀国際空港 制限区域内
使用車両	豊田自動織機が開発したトローイングトラクター（TE152）
牽引	受託手荷物搬送：バルクカート×1台～2台(連結)・コンテナドリー×1～2台(連結)
ドライバー	役割：運転の責任を担い、手動区間の操作及び自動運転中に危険と判断した場合の手動操作 担当：豊田自動織機 社員（車両運転許可取得済み）及びANAスタッフ※別途訓練実施済み
監視者	役割：車外から自動走行状態を監視します。緊急停止が必要と判断した場合には遠隔にて操作 担当：豊田自動織機 社員及びANAスタッフ（車両運転許可取得済み）
走行速度（最大値）	直進：15km/h コーナー：5km/h
コース	GSE待機場所～SPOT4～車両通行帯～返却用ベルコン※後述走行ルート参照
実施日時	準備：2020年11月30日～12月13日（※土日は除く） 本番：2020年12月14日～12月18日（※予備日の設定はなし） ※公開なし
実施者	全日本空輸(株)・(株)豊田自動織機

2-1. 実施条件

バルクカート	有無	なし
	牽引台数	なし
コンテナ及びドローリ-	有無	あり
	牽引台数	2～6台(連結)
荷の有無		あり(実際の受託手荷物を搬送)
天候等の気象条件		風及び雷：空港内オペレーション基準に準ずる

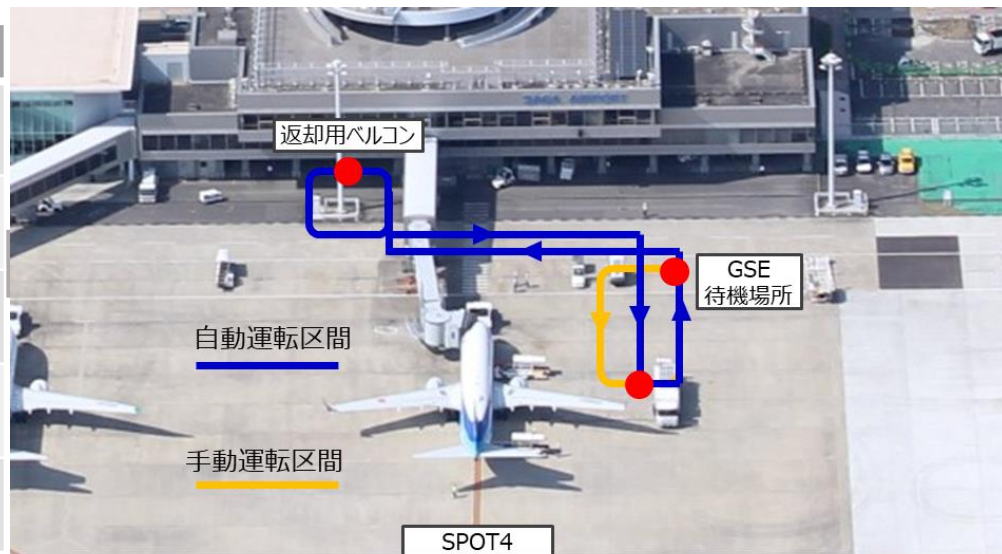
2-2. 検証内容

検証項目	確認事項
安全	以下区間における自動搬送の安全性(発進・停車・速度・障害物検知時の停車等) ・ 仕分場～停車位置 ・ 再出発位置～手荷物仕分場
品質	・ 搬送中における手荷物の荷崩れや手荷物損傷等の有無 ・ 自動搬送実施による全体作業工程への影響の有無
作業	・ 前後作業工程間の接続及び連携(手順等) ・ 手動区間における操作性

3. 走行ルート&スケジュール

2020年11月~12月

日	月	火	水	木	金	土
	30	1	2	3	4	5
	準備作業					
6	7	8	9	10	11	12
	準備作業					
13	14	15	16	17	18	19
	公開		実証実験			
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		



準備作業(← →)

11月30日~12月11日(08:00~17:00) ※土日は除く
SPOT4使用08:00~17:00

実施場所:

GSE待機場所~SPOT4~車両通行帯~返却用ベルコン

実施内容:

- ・地図作成
 - 手動運転にて走行。地図を作成し、走行ルートを定義
 - 自動で走行させ、地図上の走行ルートの形状を微調整
- ・走行テスト(自動運転・手動運転)
 - 停車位置・再出発位置の確認
 - 走行ルートにおける安全機能の動作確認・調整
 - 走行時の想定リスクへの対応確認 等
- ・システム接続確認

試験運用(← →)

12月14日~12月18日(08:30~19:00)
SPOT4使用08:00~17:00

実施場所:

GSE待機場所~SPOT4~車両通行帯~返却用ベルコン

※ マスコミ公開はなし

試験運用対象便(到着便のみ)

- ANA451(B738)
- ANA981(A321)
- ANA453(A321)
- ANA455(A321)

Bグループ

日本航空株式会社



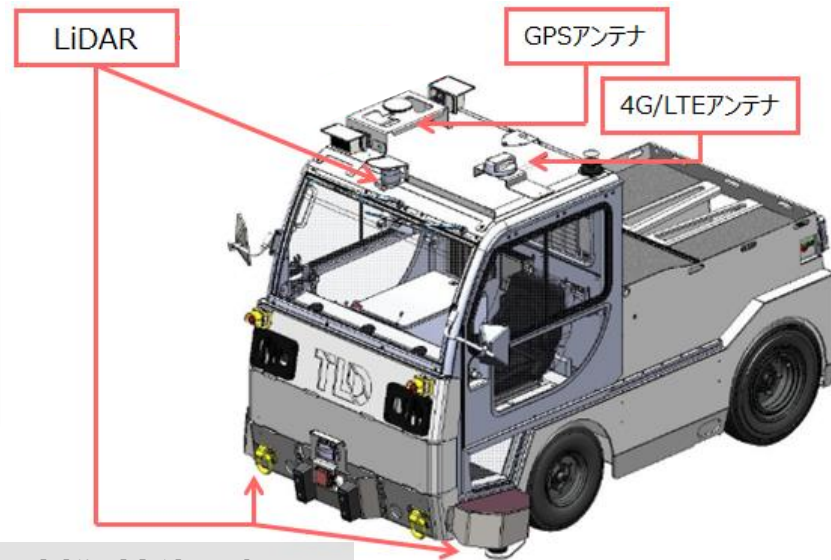
空港制限区域内の自動走行に係る実証実験 実証実験結果報告

日本航空株式会社
2020年12月14日

実験車両概要(再掲)

基本情報

使用車両	TLD社製・TractEasy
全長/全幅/全高 (m)	3.2/1.84/2.05
車両重量 (kg)	4,070
ハンドル有無	有



走行制御技術の概要

- 車両自律型
- Odometry (走行距離計)、IMU (慣性計測装置)、LiDAR、GPSを使用して自己位置推定を行い、設定経路上を走行する

センサー等の概要

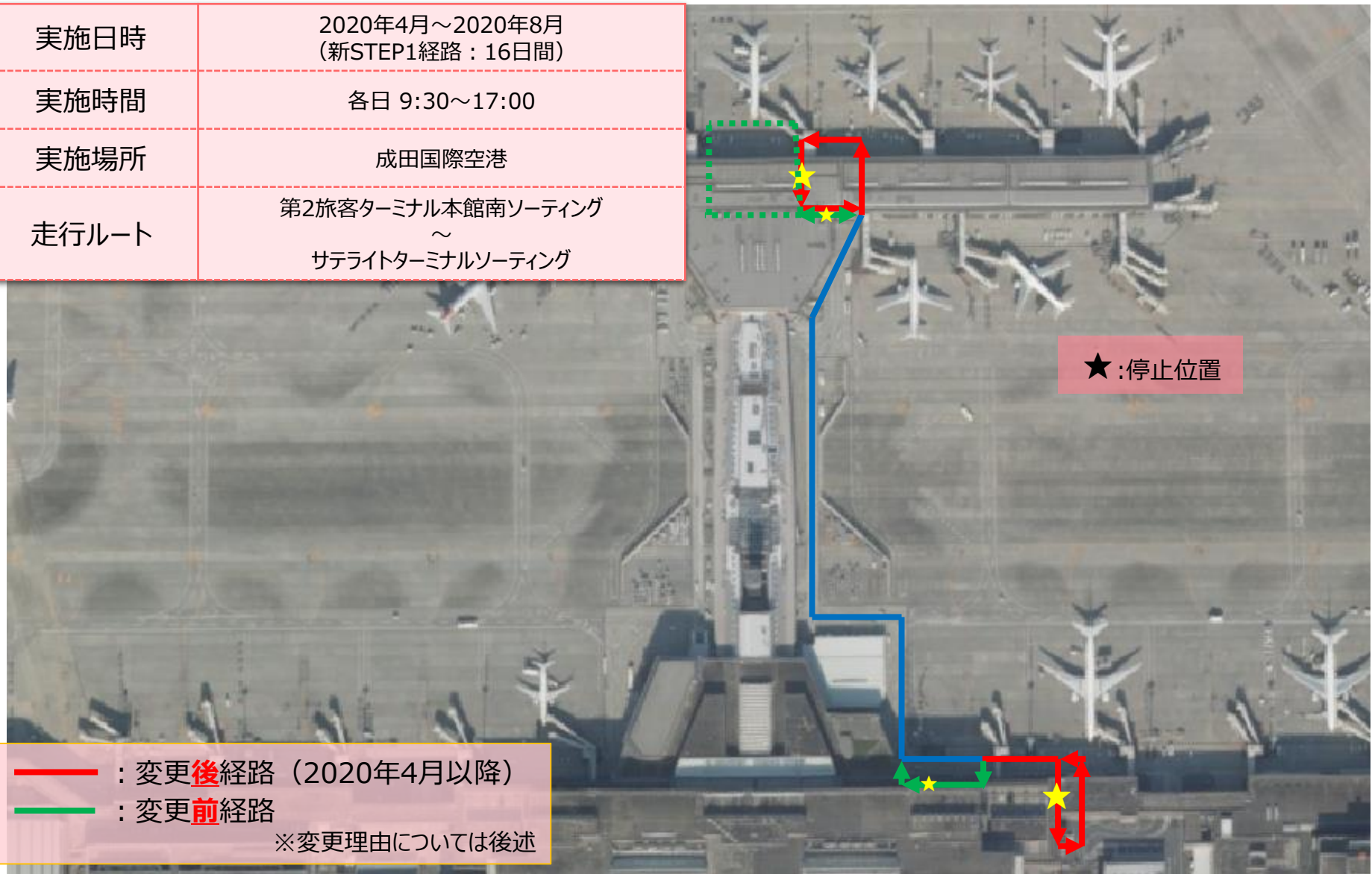
- LiDAR
- GPSアンテナ
- 4G/LTEアンテナ
- IMU (慣性計測装置)

※車体上部 前後2か所に装備していたLiDAR2基は上部中央の1基に機能を集約し、撤去



実証実験概要①

実施日時	2020年4月～2020年8月 (新STEP1経路：16日間)
実施時間	各日 9:30～17:00
実施場所	成田国際空港
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



実証実験概要②





自動運転設定

- ✓ 直線における最高速度 : 15km/h
- ✓ 交差点横断判断 : 自動 (経路上で手動対応部分なし)

走行スピード



表示内容

-  : 13~15km/h
-  : 9~12km/h
-  : 6~8km/h
-  : 3~5km/h

実証実験概要③

実験対象コースの変更について

これまで、STEP 1～3の3コースにて走行を実施していたが、以下の理由を踏まえ、STEP 1に注力して性能向上を図っていくこととした。

- ✓ STEP 1コースを使用する業務（本館ソーティングエリア～サテライトソーティングエリアでの手荷物輸送）が定期的に発生しているニーズの高いものであること。
- ✓ STEP 2、および、STEP 3の目的地は91番SPOTのみであり、業務上使用する頻度がSTEP 1より少なく、手動運転と同様の業務量をこなすためには、サテライトエリアのすべてのSPOTを目的地として設定する必要があり、現実的ではないこと。

上記を踏まえ、作業の実情に合わせるべく、STEP 1コースの停止位置、ならびに、停止位置に至るまでの経路を変更した。

牽引物の変更について

牽引物についても作業の実情に合わせ、従来のコンテナドローリーからバルクカート1台に変更した。

【コンテナドローリー】



【バルクカート】



実証実験時間帯の変更について

コロナウイルスによる減便を背景とした交通流の減少、および、実証実験ドライバーのコロナウイルス罹患リスク最小化の観点から踏まえ、貴社、ならびに、構内事業者さまの了解を得た上で実証実験実施時間を各日 9:30～17:00で実施した。（実験車両の走行により従来の実証実験時間（10:30～14:30）以上の渋滞が発生した場合は当日の作業を切り上げる条件付き）

実証実験結果

走行実績データ

走行実績	自動走行距離	305 (km)
	周回数	305 (周)
予定していない 手動操作回数	合計回数	179 (回)
	自動走行距離あたり回数	0.64 (回/km) ※0.17回/km(除 車両認識)

手動操作内訳

	回数	割合 (%)
①交差点再発進時の車両認識不良	142	72.8
②センサー取付角度に起因する不具合	25	12.8
③再発進後にパーキングブレーキが解除できず、走行できない	22	11.3
④牽引制御機能エラー	6	3.1

手動操作原因詳細および対応について①

① 交差点再発進時の車両認識不良

● 事象詳細

各交差点横断時において、他車両を認識せずに横断しようとしたことにより、ドライバーが手動で停止、再発進の操作を行う事象が多く発生している。
(右図にて交差点別の発生回数を表示)

● 技術的な対応

- ✓ これまで他車認識に使用していた、車体底部 2 か所にあるLiDARで認識に加え、車体上部中央にあるLiDARでも認識できるようにシステムバージョンアップを実施（システムバージョンアップ後の実験走行は未実施）
- ✓ 再発進時の加速度の向上のシステムバージョンアップを実施予定

● 今後の対応

実績データの収集により上記技術対応による性能向上具合を確認していく。

● 実業務使用に際してのリスク評価

- ✓ 自動運転車両による横断判断後であっても、ドライバー座席に配備している操作端末により停止、および、再発進の操作が可能
- ✓ 自動運転車両による横断判断時にクラクションが鳴動する設定となっているため、自動運転車両の挙動が判断できる。

実業務での運用に際しては、自動運転車両による不適当なタイミングでの横断が発生した場合はドライバーによる操作を実施することとし、リスクレベルは手動運転と比較しても許容できると判断。



手動操作原因詳細および対応について②

② センサー取付角度に起因する不具合

● 事象詳細

交差点自動横断設定後の実験走行の初期段階において、LiDARが他車認識設定範囲内において地面を障害物として認識することで、交差点で再発進できない事象、ならびに、経路上での停止が発生した。

(右図にて場所別の発生回数を表示)

● 技術的な対応

メーカーによる調査の結果、LiDARの取付角度に問題があることが判明し、LiDARの校正作業を実施した。

校正作業実施後、同様の事象の発生件数は1件のみ。

● 今後の対応

センサー校正作業により原因は解決したものと判断。今後同様の事例が発生する場合には経路微調整を行う等、別のアプローチでの対応を検討。



手動操作原因詳細および対応について③

③ 再発進後にパーキングブレーキが解除できず、走行できない

● 事象詳細

交差点再発進時、徐々にスピードが低下し停止してしまう、その後、再発進しようとしてもパーキングブレーキが解除できず、走行できない事象が発生

● 技術的な対応

原因①：パーキングブレーキが作動しているかどうか検知するセンサーの不具合

対策①：センサーの取り付け位置の修正

原因②：パーキングブレーキを作動させる油圧ポンプのオーバーヒート

対策②：・ソフトウェアの改修により稼働最適化

・油圧ポンプを冷やすためのファン取付

● 今後の対応

実績データの収集により状況を注視

④ 牽引制御機能エラー

● 事象詳細

発進・加速時のタイヤの空転を防止する機能であるトラクションコントロール機能（※）に起因するエラーメッセージの発現により車両が停止する事象が発生。

● 技術的な対応

ソフトウェアの改修を実施

● 今後の対応

実績データの収集により状況を注視

（※）発進・加速時のタイヤの空転を防止する機能

課題に対する対応状況について

✓ 第6回委員会にて報告済みの技術的課題と対応状況については、以下の通り。（重複する課題を除く）

検証内容	技術的課題	これまでの対応状況	重要度	今後の対応
障害物検知	意図せぬ停止	<ul style="list-style-type: none"> ・データ収集 ・ソフトウェア改修 ・センサー角度調整 	低	・データ継続収集
障害物検知	対向車接近による停止	<ul style="list-style-type: none"> ・車線内走行位置の調整 (カーブ部分における大型車両とのすれ違いについて運用ルール対応を要望) 	中	・技術的対応実施済
障害物検知	路面段差による停止	<ul style="list-style-type: none"> ・スピード調整 (段差の影響によりスピード調整している箇所についてはインフラ対応を要望) 	中	・技術的対応実施済
障害物検知 (先行車両)	先行車両を認識せず	<ul style="list-style-type: none"> ・ソフトウェア修正 	高	・技術的対応実施済
自己位置推定	信頼性低下による停止	<ul style="list-style-type: none"> ・データ収集 ・走行経路修正 	高	・データ継続収集
気象条件による影響	雨検出による停止	<ul style="list-style-type: none"> ・ソフトウェア改修 ・センサー部の物理的改修 	中	<ul style="list-style-type: none"> ・データ継続収集 ・ソフトウェアの更なる改修

✓ 走行品質面で以下を課題として認識しており、品質向上に向けて取り組んでいく。

検証内容	技術的課題	重要度	今後の対応
走行品質	カーブ部分での必要以上の速度低下	中	・ソフトウェアバージョンアップ

C・Dグループ
AiRO株式会社

空港制限区域内の自動走行に係る実証実験

実証実験結果報告



Marubeni



**C,Dグループ
AiRO株式会社**



1. 実験車両概要

実験車両の概要

ZMP製CarriRo Tractor 25T



主な仕様(ベース車体)

使用車両	ZMP製CarriRo Tractor 25T
全長×全幅×全高	3.3m / 1.23m / 1.9m
車両重量	3,250kg
最高速度	非けん引時：20km/h けん引時：15km/h
けん引能力	25t
自動運転の方式	自律型（インフラに手を加えずに自動運転）
基本機能	自己位置推定、障害物認識、車両制御、マニュアルモード・自動制御モード切替 等

搭載センサー

GNSS、IMU計1基

3D LiDAR 計3基

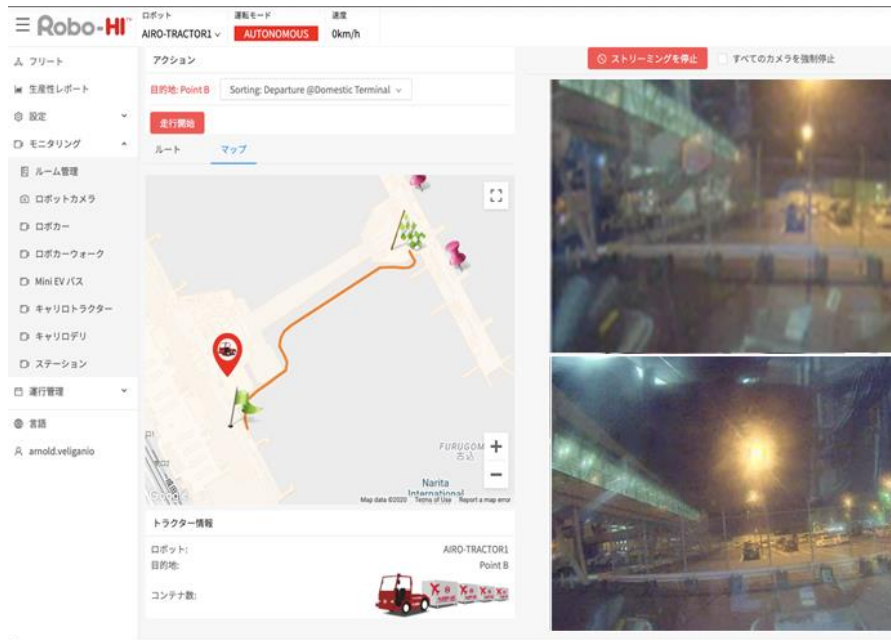


<走行制御技術の概要>

- ・**車両自律型（インフラ側に一切手を加えずに自動運転を実現）**
- ・自動走行システムの機能：直進、加減速、停止、右左折、車間距離・車線維持等は全てシステムが実施
- ・GNSS、LiDAR、IMU等の複数センサから自己位置推定を実施
- ・安全装置として、自動走行から手動走行に切り替えるオーバーライド機能および緊急停止ボタンを設置

遠隔監視システム

- JAL様のランプオフィスに設置したリモートコントロールセンターにて車両の監視を実施



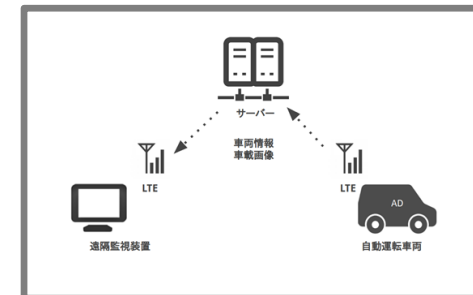
遠隔監視 画面イメージ



遠隔監視イメージ(実証実験初日)

遠隔監視システムの概要

- ・車両に取り付けられたカメラからの映像および車両情報(自動/手動運転、走行速度、走行経路)を監視



監視システム構成

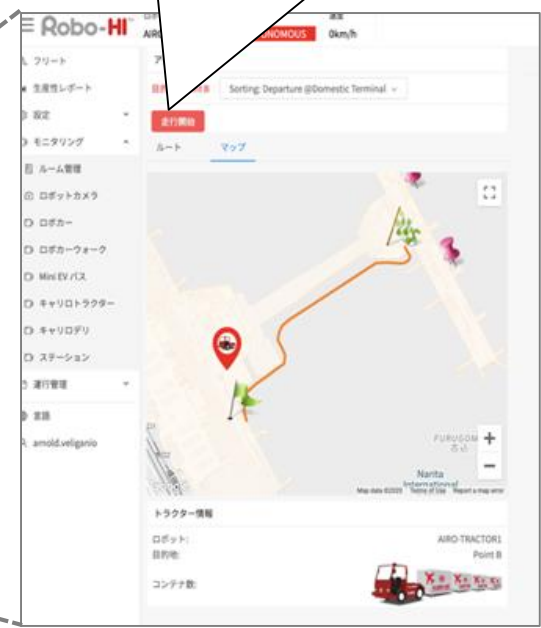
自動運転のオペレーション概要

- 車両内に設置したオペレーション用システムをドライバーが操作して走行ルートを選択、自動運転走行開始を実行

ドライバーがルートを選択、走行開始ボタンをタップして、自動運転を開始



車内の状態



車両内に設置したタブレット画面

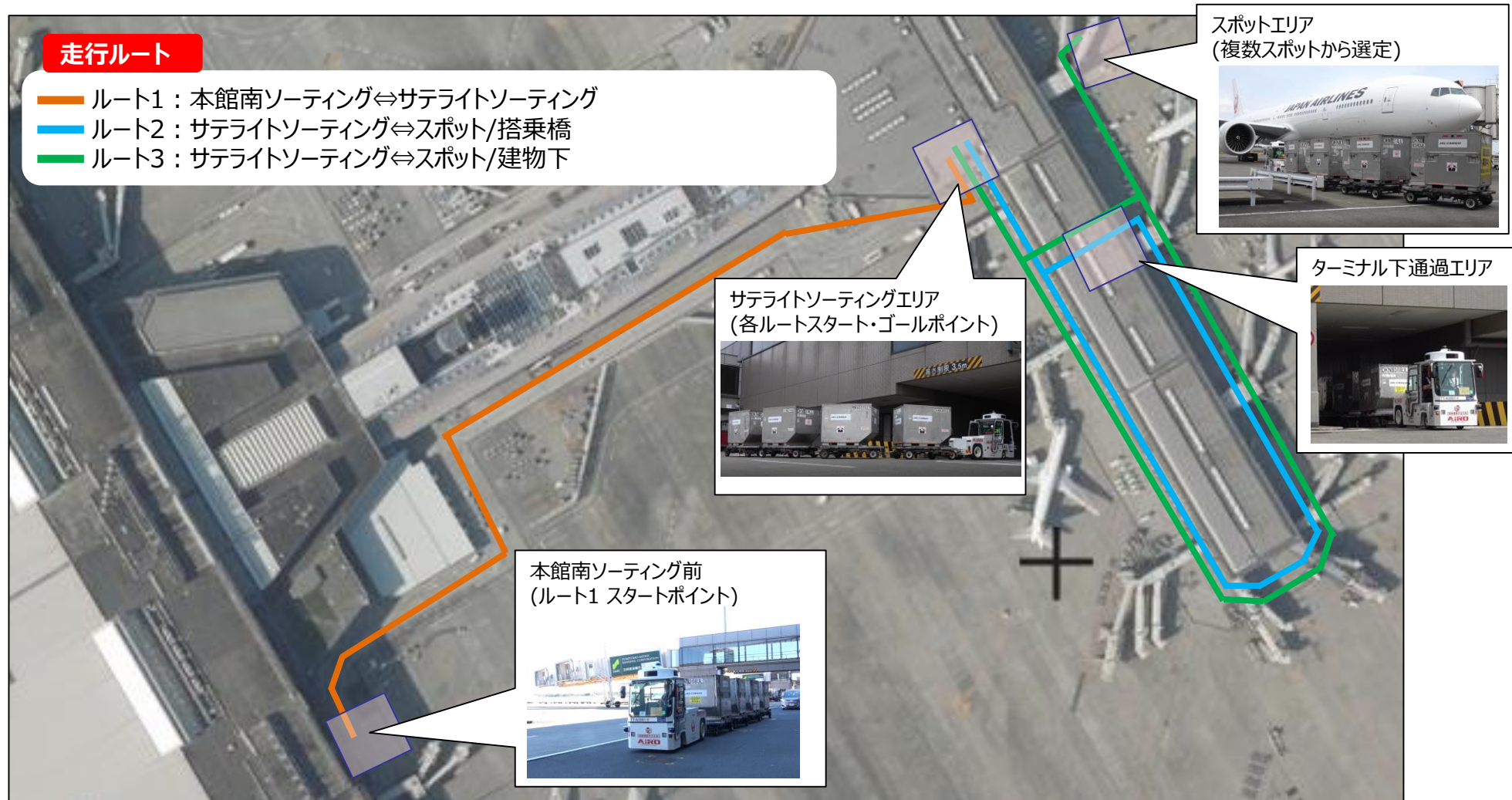
自動運転オペレーションの概要

- 安全管理兼自動運転オペレーターとして、ドライバー1名を配置（実施内容は以下参照）
 - 走行ルートの設定、及び、自動運転開始の実行
 - 自動走行中の安全監視、必要に応じてオーバーライド
 - 自動運転時以外の走行(スタートポジションへの移動等)

2. 実証実験結果

実証実験概要

実施日時	2020年11月10日(火)、11日(水)、12日(木) ※全日程晴
実施場所	成田国際空港
走行ルート	本館南ソーティング・サテライトソーティングおよびスポット間での3つの搬送ルート（往復約2km）

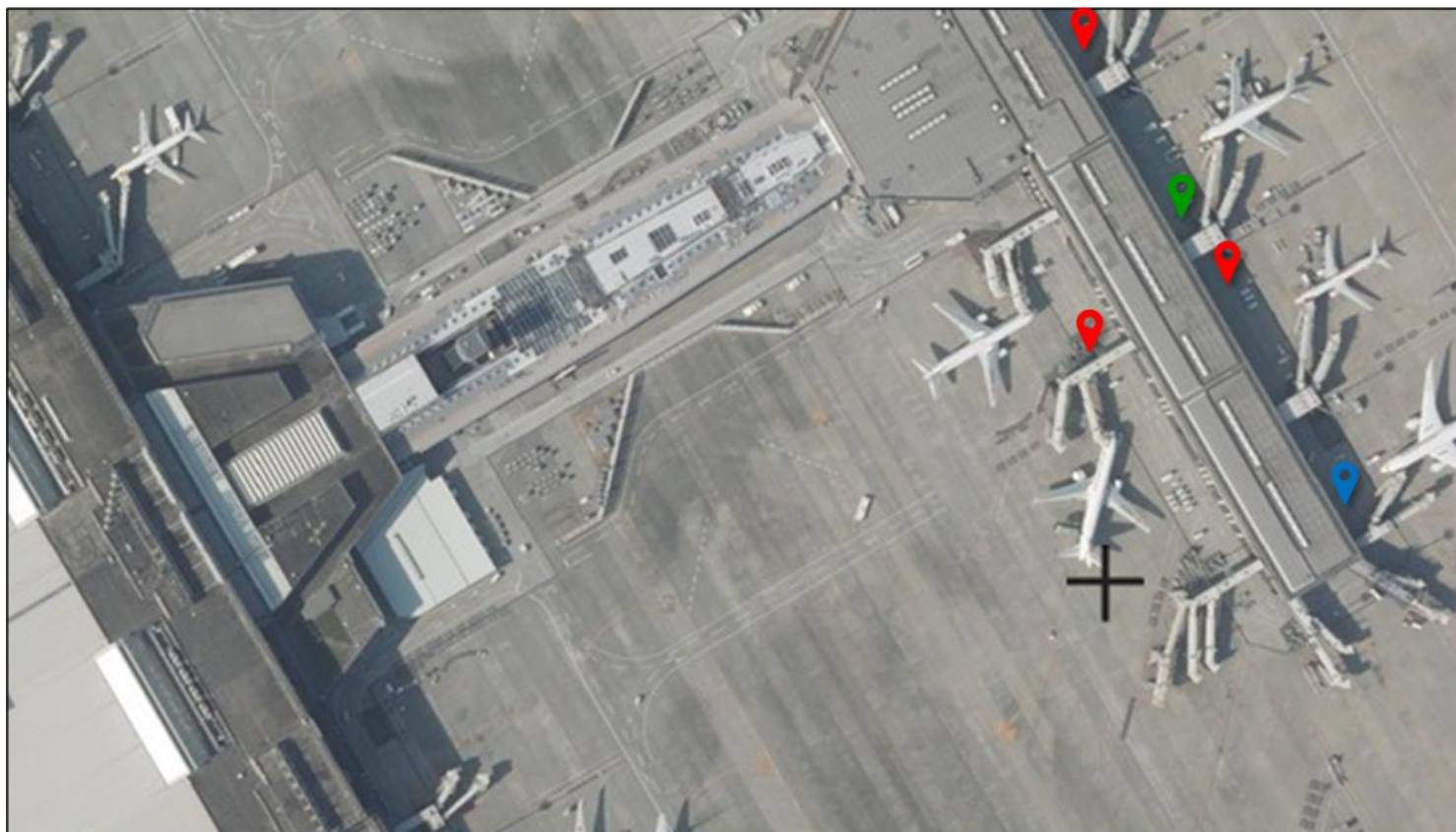


実証実験概要



実証実験結果 (サマリー)

走行距離	総走行距離	27.4 km
	自動走行距離 (自動運転率)	26.7 km (97.4%)
予定していない 手動操作の回数	合計回数	5回 (うち3回は1日目の同じ走行回で発生)
	手動操作の理由	・車両の車線はみ出し回避 × 4 (1日目3回、2日目1回) ・駐停車車両の回避 × 1 (3日目1回)



オーバーライド発生場所

- 📍 1日目発生地点
(ルート3)
- 📍 2日目発生地点
(ルート3)
- 📍 3日目発生地点
(ルート2)

実証実験概要 - オーバーライド - ① 車両の車線はみ出し回避

- 自動運転車両が車両走行帯左側に寄ってきた為、安全を考慮してドライバ判断でオーバーライドを実施



実証実験概要 - オーバーライド - ② 駐停車車両の回避

- 今回は対向車両への安全を考慮して、駐停車車両を避けない設定であったため、車両停止後、オーバーライドを実施



実証実験結果

全体を通した自動走行評価

【検証結果・技術的課題】

- ・3日間にわたり合計27,4kmの走行を実施、無事故で実証実験を終了
 - 内自動運転走行は26.7km(97.4%)で、オーバーライドは5回発生
 - オーバーライドの理由は ①車両の車線はみ出し回避 4回、②駐停車車両の回避 1回

【今後の対応】

- ・①の要因はステアリングの制御が起因しているため、今後ソフトウェア・ハードウェアの両面での改良を実施していく。
※②の対応は以下ご参照

車両通行帯に車両が停車している場合の挙動の確認

【検証結果・技術的課題】

車両通行帯にはみ出す形で他車両が駐車しており、自動運転車両が他車両を認識して安全な速度で停止、その後ドライバによる手動運転に切り替えて停車車両を避けて走行を実施。

【今後の対応】

- 一時停止／駐車の見直し方法の検討、および駐車車両の回避行動の開発を進める。
- 駐車ルールの見直しの可能性についても空港管理側と協議していく。

アンケート結果：日本航空株式会社様

実証実験全般の感想

- ・基本的な走行性能は手動での運用と比較しても遜色ないものに見受けられた。
- ・実証実験時の設定が完全ではないにせよ、約1カ月の準備期間でこれだけの走行品質を達成できることは導入のスピード感の面で特筆すべき事項と思料する。
- ・また、準備に際して、他の車両に影響を与える要素がほぼなく、通常の業務に影響を与えずに導入準備を実施できることはユーザーから見て大きなメリットであると思料する。
- ・コロナの影響により走行環境(特に、交通量)が通常と異なっていたことで、本来の環境下での課題点の確認ができなかったことが悔やまれる。

実用化に向けてのコメント

- ・実用化に向けて、制御性を向上すべく、今後のハードウェア側の改良に期待している。
- ・ユーザーと連携し、実用化を踏まえて必要となる機能を精査し、より実用性の高い機能を持った自動運転車両として品質向上に努めていただきたい。
例：搭降載器材への接続、手荷物仕分場での発着、駐車車両の回避など
- ・限られた期間での実証実験であったため、今後は各種機能の信頼性確認のためにも、データの収集を通じた実績の積み重ねがある程度は必要になってくると思料する。
- ・今回の実証実験は車両の往来が少ない時間帯で実施したため、車両往来が多いピーク時間帯や夜間・雨等、実運用に求められる実験も必要と考える。

導入に向けて必要となる実証実験等

空港制限区域内で自動走行するために必要となる実証実験

- 車両往来が多い時間帯や夜間・雨等、今回安全面を考慮し実施できなかった環境での実証実験
→ 実地テスト/シミュレーションを繰り返し、空港環境に合わせた適切な動作チューニングを行っていく。
- 実際にグランドハンドリング業務を実施している方々に、自動運転システムをご利用いただく実証実験
→ 誰でも簡単に操作できるユーザーインターフェースの構築を実施、及び現場の方のフィードバックをもとに改良を実施していく。
- 実運用を想定した有人自動運転の実証実験
→ 搬送時間、搬送品質などをチェックして、実運用に適合するかを検証していく。
- 無人でのオペレーションに向けた実証実験
→ 遠隔監視も含めた自動運転システム・オペレーションを確立していく。

その他

- 空港内専用の大型車両が走行する際、カーブなどで車線をはみ出て走行してくる場合がある。
- 交差点において他車両が制限速度を超過して走行されることが懸念される。
→ 上記のようなシーンを想定した自動運転システムの構築は技術的には可能であるが、コストアップにも繋がる為、自動運転車両専用レーンの設定、車線幅の見直しなどのインフラ整備や交通ルールの徹底といった自動運転車両に配慮した施策と合わせて検討すべきと考えている。

最後に

安全走行でのご指導や多大なご支援をいただいた成田国際空港株式会社様、円滑に実験が進むようご協力いただいた日本航空株式会社様に心よりお礼申し上げます。



JAPAN AIRLINES

