

令和元年度トーイングトラクター自動走行実証実験 進捗報告

国土交通省航空局

令和元年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. 14
 - 日本航空株式会社
- ・ C・Dグループ P. 22
 - 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

全日本空輸株式会社
株式会社豊田自動織機

1. 実験車両概要

1. 実験車両概要

主な仕様

使用車両	SIMAI社製ト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

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 計4基
- LiDAR※1 計3基
- IMU※2 1基
- GPS※3 1基

※1 LiDAR : Light Detection and Ranging
※2 IMU : Inertial Measurement Unit (慣性計測ユニット)
※3 GPS : Global Positioning System (全地球測位システム)



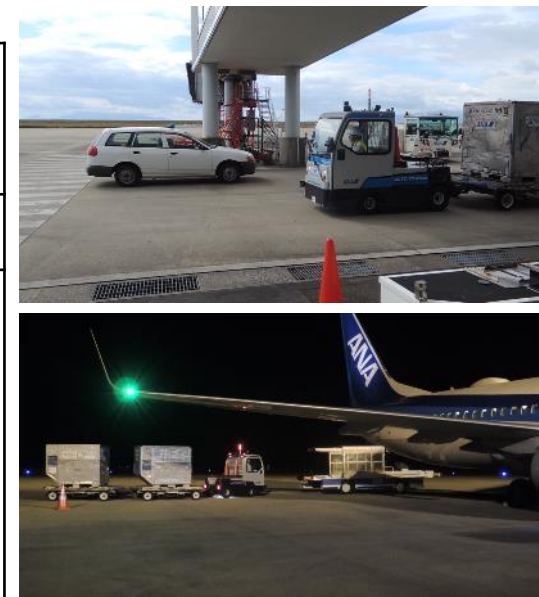
車両外観写真



2. 実証実験結果

2. 実証実験結果

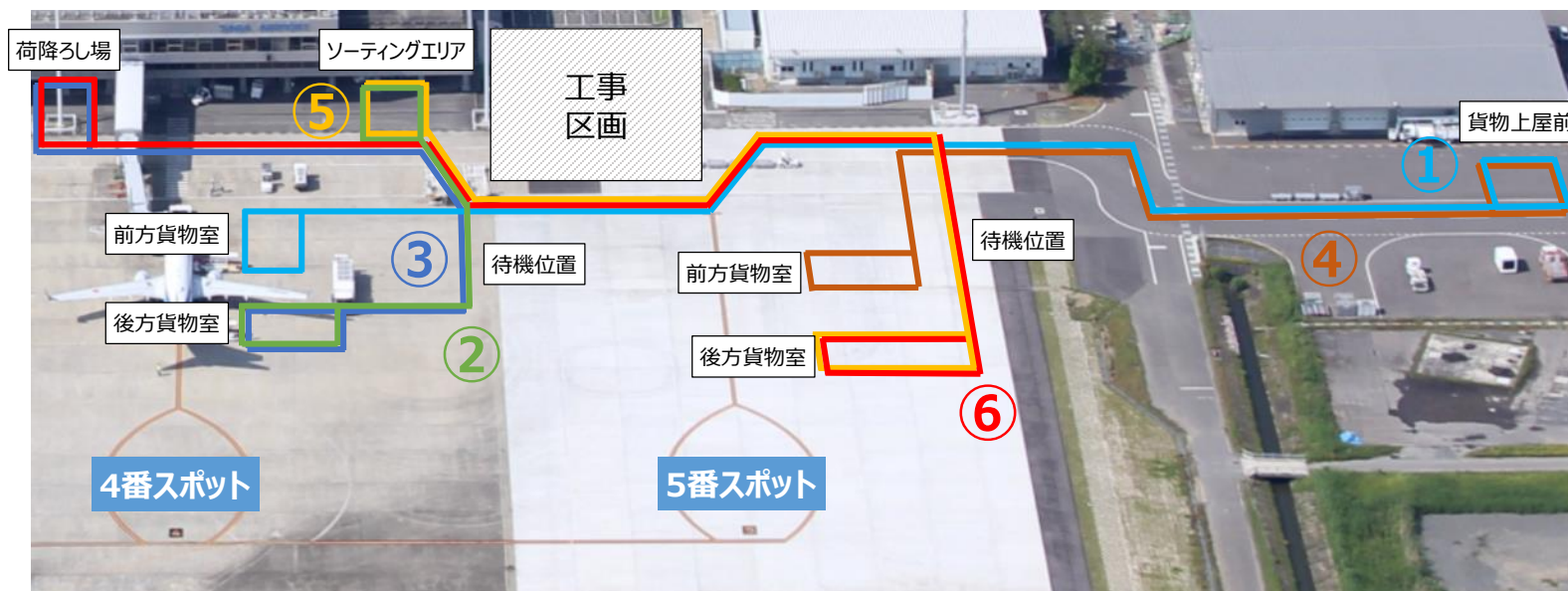
1) 実証実験概要



実証実験実施状況

実施日時	9月30日（月）～10月11日（金） ※うち、以下の日には夜間駐機機体を使用 10月2日～4日、10月7日、9日、10日			
実施場所	九州佐賀国際空港			
走行 ルート	No.	使用スポット	始終点	目的地（移載想定地）
	①	4番スポット	貨物上屋前	前方貨物室
	②		ソーティングエリア	後方貨物室
	③		待機位置	後方貨物室 荷降ろし場
	④	5番スポット	貨物上屋前	前方貨物室
	⑤		ソーティングエリア	後方貨物室
	⑥		待機位置	後方貨物室 荷降ろし場

※ソーティングエリア内、荷降ろし場内の走行は手動にて対応



2. 実証実験結果

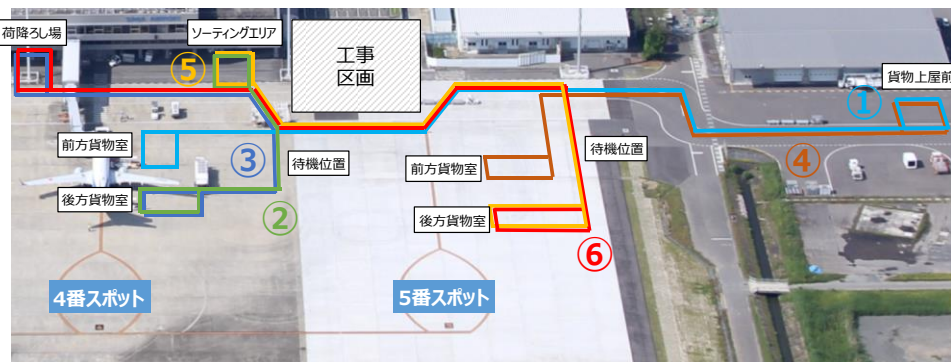
2) 実証実験結果

(1) 走行距離

総走行距離	53.8 [km]
うち自動走行距離	52.8 [km]

[参考] 内訳

ルート No.	走行回数	総走行距離
①	15 [往復]	6.0km
②	19 [往復]	5.7km
③	13 [往復]	3.9km
④	38 [往復]	11.4km
⑤	18 [往復]	7.2km
⑥	49 [往復]	19.6km
合計	152[往復]	53.8km



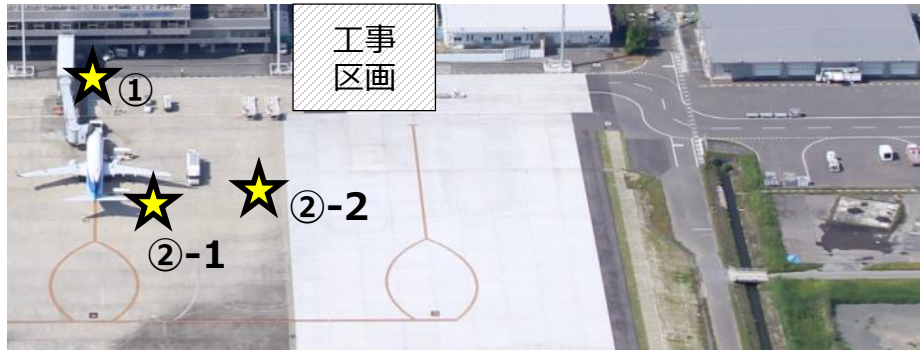
(2) 予定していない手動操作の回数

合計回数	6 [回]
自動走行距離あたり回数	0.11 [回/km]

[参考] 内訳

	内容	発生個所	発生回数
①	車両通行帯付近の作業員回避	車両通行帯 (PBB下)	2回
②	駐停車車両回避	4番スポット	2回
③	センサの死角箇所からの歩行者回避	車両通行帯から荷降ろし場への進入箇所	1回
④	走行経路ずれ	車両通行帯 (5番スポット付近)	1回
		合計	6回

3) 予定していない手動操作 概要



① 車両通行帯付近の作業者回避（同様の状況が同じ箇所でも2度発生）

箇所	車両通行帯（PBB下）	
状況	PBB下通過時、車両通行帯横に作業者発見。ドライバーがブレーキ操作。停車。	
要因	作業者が走行車両に気づかず車両通行帯に飛び出すことを懸念。ドライバー判断で念のため手動介入	
備考	作業者は経路上にない障害物として検出。経路から十分距離もあるため介入がなければ自動走行は継続できたと推定。	

②-1 駐停車車両回避

箇所	4番スポット	
状況	ベルトローダー近傍走行中、ドライバーがブレーキ操作。停車。	
要因	ベルトローダーが所定位置より走行経路寄りに駐車。ドライバー判断で念のため手動介入。	
備考	ベルトローダーは経路上にない障害物として検出。介入がなければ自動走行は継続できたと推定。	

②-2 駐停車車両回避

箇所	4番スポット	
状況	ハイリフトローダー近傍走行中、外部監視者が遠隔非常停止操作。停車。	
要因	実験予定に無いハイリフトローダーが駐車。外部監視者の判断で念のため手動介入。	
備考	ハイリフトローダーは経路上にない障害物として検出。介入がなければ自動走行は継続できたと推定。	

上記4件において、車両の安全機能（障害物検知）は正常動作していた記録あり
 ⇒ ドライバーもしくは外部監視者が安全重視の判断に基づき予防的に介入したが、自動運転のまま状況に応じて適切に危険回避動作できたと推定



③ センサの死角箇所からの歩行者回避

箇所	車両通行帯から荷降ろし場への進入箇所	
状況	柱の間から出てきた作業者が走行経路を横断。ドライバーがブレーキ操作。停車。	
要因	作業者がセンサの死角箇所から飛び出し。ドライバーが咄嗟に手動介入	
備考	柱の陰から出てきた時点で歩行者を検出。介入がなければ自動走行は継続できたと推定。	

④ 走行経路ずれ

箇所	車両通行帯（5番スポット付近）
状況	直線経路走行中、ドライバーがブレーキ操作。停車。
要因	走行中に所定経路からの左方ずれ量が大きすぎるとドライバーが認識。自己位置推定機能の不調と判断。カーブ進入直前区間であったので念のため手動介入。
備考	路面パターンマッチングしない区間が継続。経路逸脱判定は正常に動作。介入がなければ自動停止機能が動作したと推定。

上記2件において、車両の安全機能（障害物検知、経路逸脱判定）は正常動作していた記録あり
 ⇒ ドライバーが安全重視の判断に基づき予防的に介入したが、自動運転のまま、状況に応じて適切に危険回避動作できたと推定

2. 実証実験結果

検証内容	結果	課題	今後の対応
自己位置認識技術	大きな問題なし	雨天時など路面が濡れている状況におけるコンクリート路面での自己位置認識安定性の向上 (例：5番スポットでのマッチング率悪化)	<ul style="list-style-type: none"> 路面パターンマッチング技術の改良 磁気マーカやレーザーSLAMなど別手段との組合せによる自己位置認識技術の開発
障害物検知	↑	以下を障害物として誤検知する事象が発生 ・水たまり（比較的大きく、深さもあるもの） ・雨粒	<ul style="list-style-type: none"> アルゴリズム改良 別センサとの組合せによる検知手法の開発
		車載センサの死角（建屋、柱、駐車車両など）にいる車両・作業者の飛び出し等への対応	<ul style="list-style-type: none"> 車載センサ以外での検知・連携手法の開発
走行制御 ※繰り返し精度 - 経路追従性 - 停止位置	↑	特になし	—
実オペレーションを想定した課題の洗い出し	洗い出し完了	他車両、作業者と安全に共存するための基準策定	<ul style="list-style-type: none"> 各種基準の策定

- ・大きな問題を発生させることなく、実証実験を実施完了
- ・自動走行の実オペレーション導入に向けて、技術課題と運用上の課題を把握

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

- 2020年2月に実施する中部国際空港での実証実験結果と併せて今後検討

その他

【要望】

空港制限区域内における

- 自動走行に必要な保安基準の明確化
- 自動走行車両の運用ルールの策定

以上



空港制限区域内の自動走行に係る実証実験 中間報告

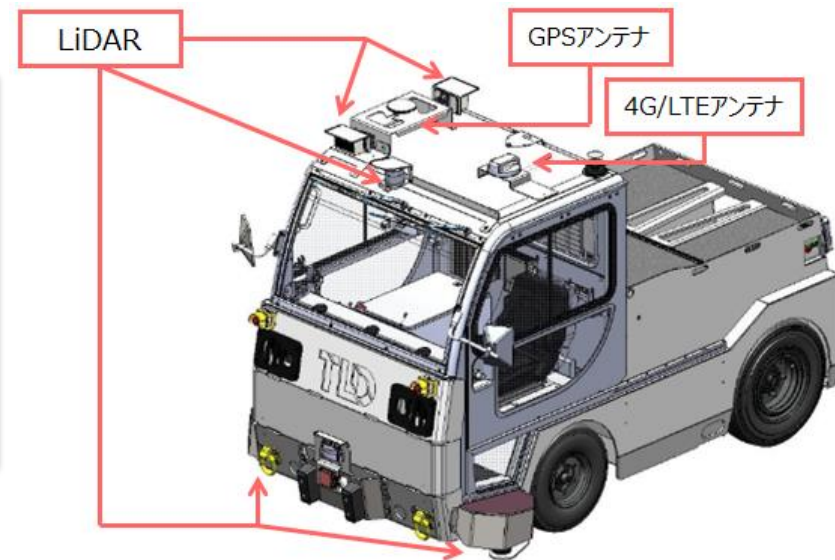
日本航空株式会社
2019年12月9日

1. 実験車両概要

実験車両概要

基本情報

使用車両	TLD社製・TractEasy
乗車定員	2名
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 (慣性計測ユニット)、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 (計5基)
- GPSアンテナ
- 4G/LTEアンテナ

2. 実証実験結果

実証実験概要

実施日時	10月：31日 11月：6・8・11・12・13日（計6日間）
実施時間	各日 10:30～14:30
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



実証実験結果



走行実績データ

走行距離	総走行距離	99.9(km)
	うち、自動走行距離	68.2(km)
予定していない 手動操作回数	合計回数	7(回)
	自動走行距離あたり回数	0.10(回/km)

推定要因

【インフラ起因】

- 障害物検知（段差）
- 対向車車線はみ出し

【車両起因】

- 障害物検知（原因不明）× 2
- 障害物検知（対向車の接近）× 2
- 前方車両不検知

実証実験結果

検証内容	検証結果・技術的課題	今後の対応	重要度	対応目途
障害物検知	往路スタート位置付近での原因不明の停止	メーカーでの原因調査	低	
障害物検知	対向車接近による停止	<ul style="list-style-type: none"> 走行状況の現状調査 車線内走行位置の調整 	中	2019年度中
障害物検知	路面段差による停止	スピード調整	中	2019年度中
障害物検知 (先行車両)	先行車両を認識せず	ソフトウェア修正により対応済	高 (対応済)	対応済
自己位置推定	復路スタート位置付近でロスト	メーカーでの原因調査	低	
気象条件による影響	雨検出による停止 (準備期間中)	<ul style="list-style-type: none"> メーカーでの原因調査 メーカーでの物理的な改善策検討 (雨どい状) 	中	
走行スピード	走行スピード向上 (現時点10km/h)	データの継続取得による信頼性向上	高	2019年度中
交差点、車線進入での判断	判断の自動化 (現時点マニュアル対応)	データの継続取得による信頼性向上	高	2019年度中

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

- ✓ 走行スピード向上を目的としたデータ継続取得
- ✓ 交差点、および、車線進入判断の自動化に向けたデータ継続取得
- ✓ 運用に合わせたスタート・ゴール位置の調整と走行検証
(データ取得項目の具体例)
 - ・ 作業員(人)、GSE他車両の往来に対する挙動
 - ・ 曲がり角、合流などのセンサーのブラインドエリア
 - ・ 一旦停止、再スタートの繰り返し

運用対応要望の可能性

- ✓ 車両通行規程の改訂

インフラ要望の可能性

- ✓ 走行路の段差補修
- ✓ 走行路の拡張
- ✓ 交差点の形状、停止線位置、信号協調

制限区域内の自動走行に係る実証実験 状況報告

2019年12月9日
グループC・D
AIRO株式会社



実証実験概要

- ・ 実施者： グループC AIRO株式会社
- ・ 協力会社： 日本航空株式会社（以下JAL）
- ・ 実施空港： 成田国際空港
- ・ 実験対象： 本館・サテライトソーティングおよびスポット間の旅客貨物運搬

- ・ スケジュール
 - 1.本番 2020年6月～7月のうち3日間
10:00-18:00（予定）
 - 2.現地テスト 2020年5月～6月のうち1か月程度
10:00-18:00（予定）
 - 3.事前テスト 2020年5月に実施予定
実施場所はZMPテストコース

* 実施時間帯については協力会社および空港会社との協議の上、変更となる場合があります。

* 事前テストはグループCとグループD共同になります。

<グループC> 実証実験の走行ルート

全体では本館ターミナルソーティング～サテライトターミナルソーティング～サテライトターミナル～本館ターミナルソーティング（往復）のルートを予定しています。

Step1のルート

本館南ソーティング⇔サテライトソーティング間の手荷物搬送を検証します。



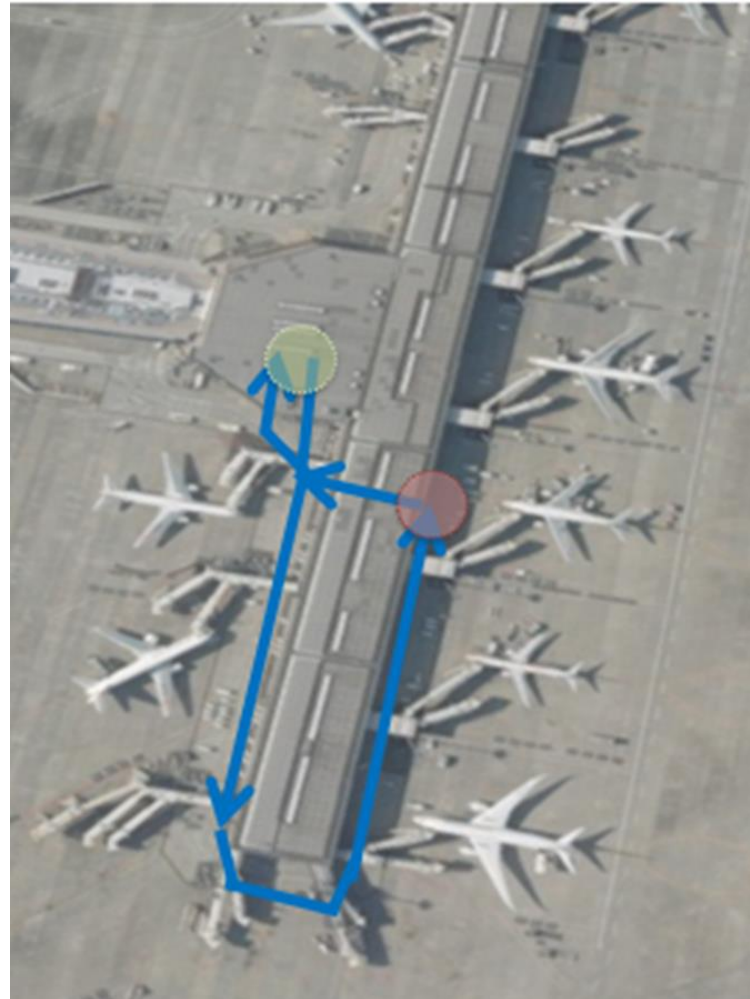
地図データ 地理院地図 Globe

* 走行ルートについては協力会社および空港会社との協議の上、変更となる場合があります。

<グループC> 実証実験の走行ルート

Step2のルート

ターミナル下、および、ターミナル沿い部分の手荷物搬送を検証します。



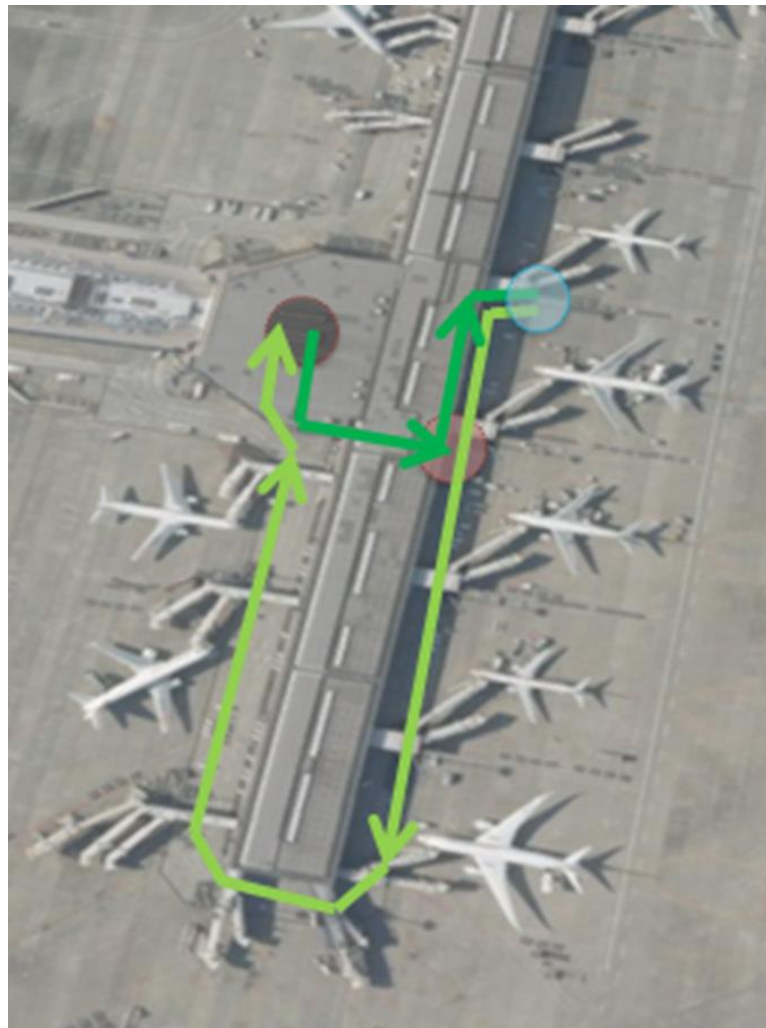
地図データ 地理院地図 Globe

* 走行ルートについては協力会社および空港会社との協議の上、変更となる場合があります。

<グループC> 実証実験の走行ルート

Step3のルート

サテライトソーティング⇔91番スポット間の手荷物搬送を検証します。



地図データ 地理院地図 Globe

* 走行ルートについては協力会社および空港会社との協議の上、変更となる場合があります。

実証実験概要

- ・ 実施者： グループD AIRO株式会社
- ・ 協力会社： スイスポートジャパン株式会社（以下SPJ）
- ・ 実施空港： 関西国際空港
- ・ 実験対象： スポットから貨物管理上屋までの約 2 kmを走行

- ・ スケジュール
 - 1.本番 2020年10月中旬の3日間で最終調整中
10:00-18:00（予定）
 - 2.現地テスト 2020年9月-10月のうち1か月程度
10:00-18:00（予定）
 - 3.事前テスト 2020年5月に実施予定
実施場所はZMPテストコース

* 実施時間帯については協力会社および空港会社との協議の上、変更となる場合があります。

* 事前テストはグループCとグループD共同になります。

<グループD> 実証実験の走行ルート

スポット～貨物管理上屋の片道約2 k mの走行ルートを予定しています。

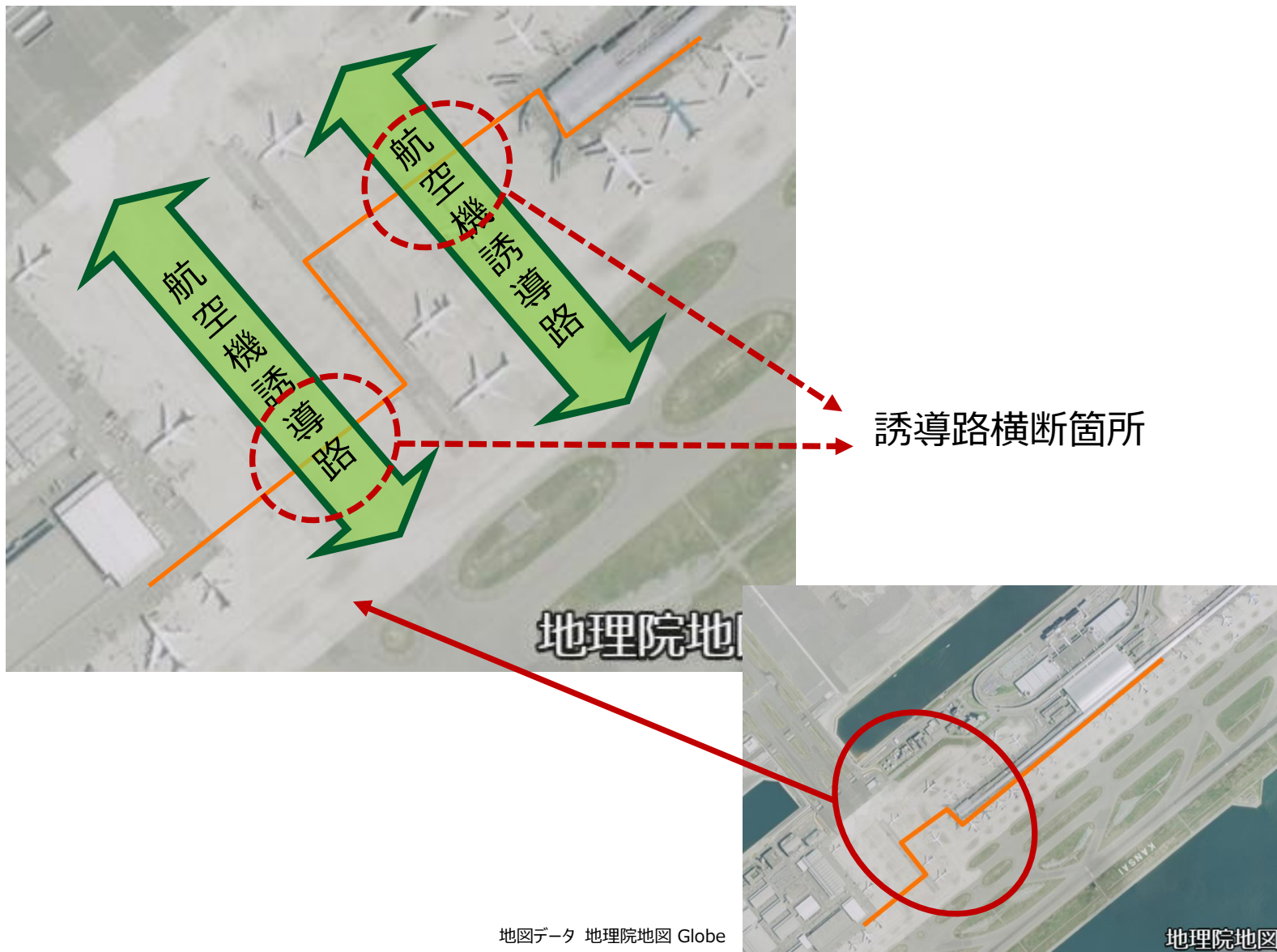


地図データ 地理院地図 Globe

* 走行ルートについては協力会社および空港会社との協議の上、変更となる場合があります。

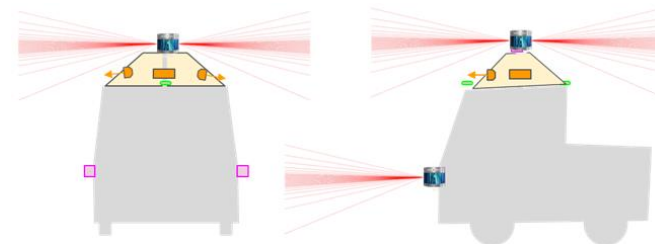
<グループD> 実証実験の走行ルート

走行ルート上には誘導路の横断が2箇所あります。横断方法については中部国際空港でのシステムでの誘導路横断結果などを基に、今後関係者と協議の上、決定とします。



実験車両

- ・ 実験車両はZMP製トーイングトラクターをベースとし、センサやPCを搭載した車両
- ・ 無牽引時：時速20km/h、牽引時：時速15km/hで走行
- ・ 最大4台のコンテナを牽引予定



車両イメージ

自動運転システム

- ・ インフラに手を入れる必要がない、車両自律型
- ・ GPSとLiDARにて自己位置推定を実施、また、センサー等を利用してシステムで直進、加減速、停止、右左折などを行う

車両に設置している機能

- ・ オーバーライド機能：運転者操作により自動運転から手動運転へ切り替え
- ・ 緊急停止ボタン：運転席にある緊急停止ボタンを押下すると車両はフルブレーキ状態となり停止

運用での対応

- ・ 運転者：運転者が運転席に座り、目視でも安全確認を行う
- ・ リモートコントロール：SPJのランプオフィスにリモートコントロールセンターを設置、遠隔で車両の状況を確認する

