

令和4、5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

日本航空株式会社



JAPAN AIRLINES

自動運転トーイングトラクター レベル4に向けた実証実験報告書

日本航空株式会社
グランドハンドリング企画部
2023年10月

- 1.2022年度 実証実験の取り組み内容
- 2.使用車両
- 3.走行ルート・走行条件
- 4.実証実験結果
- 5.実証実験総括

1.2022年度 実証実験の取り組み内容

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 |



2025年目標

現在の位置

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 ← 本日のご報告内容

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

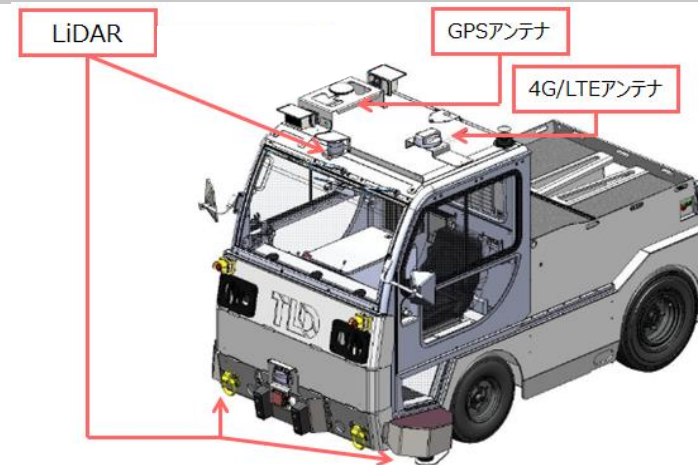
2.使用車両

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台を実験で使用し、もう1台をバックアップとする計画です。実験を1台のみで実施することについては航空局さまに事前に確認済みです。

*レベル3実運用と同様

レベル3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相当実用化 (2021年) | レベル4に向けた実証実験 (2022年) | レベル4に向けた実証実験 (2023年) |
|-----------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ソフトウェアのバージョン | Ver.10 | Ver.11 | Ver.13 |
| 交差点における他車両の認識範囲 | 平均29m** | 平均35m*** | 平均35m以上 |
| カーブ走行時の速度 | 平均6~8km/h** | 平均10km/h*** | 平均10km/h*** |
| 交差点で一旦停止後の再加速 | 0.8m/s ² ** | 1.0m/s ² *** | 1.0m/s ² *** |

②遠隔監視システムを有効化し、各交差点間で正しく機能することを確認する

実績値、*理論値

3. 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。



★ = 起点/終点

4. 実証実験結果

実験概要

| | |
|------------|-----------------------|
| 実施期間 | 2023年2月1日～3月3日（昼間帯のみ） |
| 総走行回数 | 71.5往復 |
| 総走行時間 | 10時間25分 |
| 総走行距離 | 約86km |
| 添乗者による介入回数 | 7回 |

ソフトウェアバージョンアップによる改善

| | レベル4に向けた第1回実証実験時点 (2022年4月時点、ソフトウェアVer.11) | 目標値 (ソフトウェアVer.13) | 今回の実験 (ソフトウェアVer.13) | 結果 |
|-----------------|---|-----------------------|-------------------------|----|
| 交差点における他車両の認識範囲 | 平均33.4m | 平均35m以上 | 平均35m以上 | ○ |
| カーブ走行時の速度 | 平均速度9.9 km/h | 平均10km/h | 平均10km/h | ○ |
| 交差点で一旦停止後の再加速 | 1.0 m/s ² | 1.0 m/s ² | 1.0 m/s ² | ○ |

4.実証実験結果

システム全般の実績

| | 検証項目 | 結果 |
|----|-----------------------------|----|
| 安全 | 障害物等を検知した際の安全な停車 | ○ |
| | 安全な停車後の自動再始動 | ○ |
| | 安全な停車後の手動再始動 | ○ |
| | 緊急停止操作による走行停止 (添乗車による介入) | ○ |
| 品質 | ODD逸脱時の走行停止 | ○ |
| | 車両およびシステムによる走行停止 | × |
| | 誤検知による停車 | ○ |
| | 遠隔監視システムによる操作 | ○ |

車両およびシステムによる走行停止

対向車の制限速度超過（15km以上） * ODD外



4.実証実験結果

緊急停止操作による走行停止（添乗者による介入）

添乗者による介入は前回実証実験から比較すると低減された。

▶前回実証実験結果 全196往復走行実績

| 交差点 | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|-------------|-----|-----|------|---|---|-----|---|-----|---|------|-----|------|
| 発生回数 | 3 | 2 | 10 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 17 | 4 | 11 |
| 割合(%) | 5.8 | 3.8 | 19.2 | 0 | 0 | 1.9 | 0 | 7.7 | 0 | 32.7 | 7.7 | 21.2 |
| 1走行あたりの発生割合 | 1.5 | 1.0 | 5.1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 2.0 | 0 | 8.6 | 2.0 | 5.1 |

▶今回実証実験結果 全71.5往復走行実績

| 交差点 | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|-------------|---|---|------|---|---|---|---|------|---|------|---|------|
| 発生回数 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 1 |
| 割合(%) | 0 | 0 | 14.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.3 | 0 | 57.1 | 0 | 14.3 |
| 1走行あたりの発生割合 | 0 | 0 | 1.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.3 | 0 | 5.5 | 0 | 1.3 |

緊急停止発生率が交差点「A・B・F・K」は0%

交差点「C」は▲3.8%、交差点「H」は▲0.7%、交差点「J」は▲3.1%、交差点「L」は▲3.8%へ改善

4. 実証実験結果

添乗者による介入要因

➤ 介入が発生した要因

C交差点

- ・対向車の制限速度超過（15km以上）

H交差点

- ・左側トンネル部分の死角からの車両が制限速度超過（15km以上）

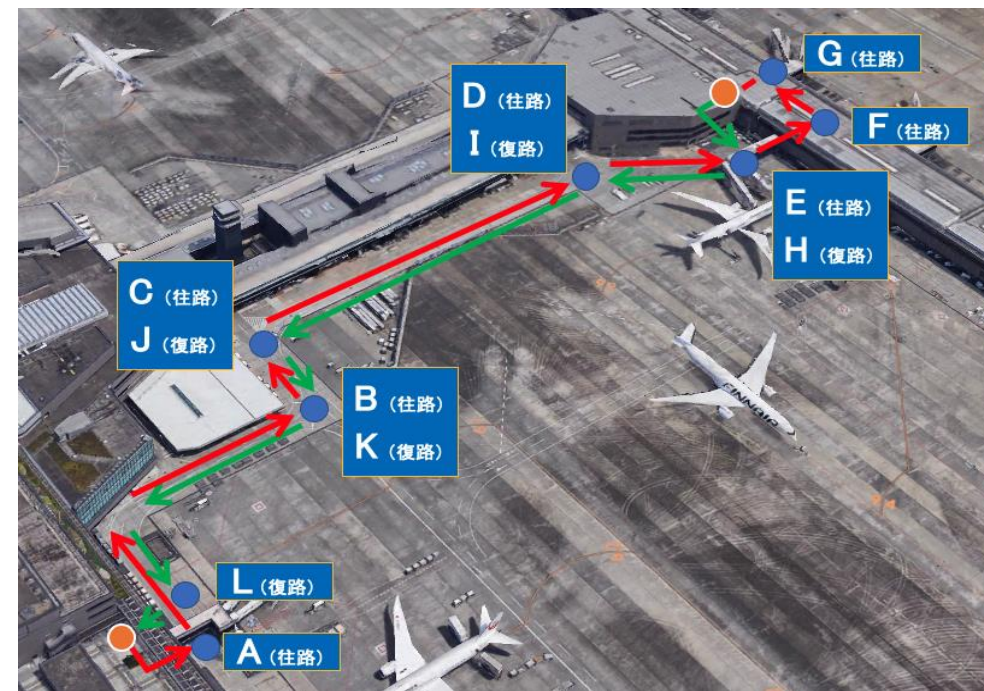
J交差点

- ・右側トンネル部分の死角からの車両が制限速度超過（15km以上）
 ①34km/h ②18km/h ③38km/h ④25km/h

L交差点

- ・他車がTractEasyの前に進入したため

(各交差点の位置)



6.実証実験総括

<車両>

- 今回は1か月間の実証実験であったが、前回（2022年6月）からの技術的課題については、ソフトウェアのバージョンアップによって改善が確認できた。全体的に走行品質の向上が出来ているが、実用性を踏まえて更なる向上が求められる。（交通量の多い時間帯、夜間の走行、雨天の走行、霧の走行）
- 交差点における他車両の認識範囲、カーブ走行時の速度、交差点での一旦停止後の再加速については、設定していた目標を達成することができたが、安定走行の実現にむけ更なる安全品質の向上が求められる。

<インフラおよび運用ルール>

- 交通ルールの変更（自動運転車両が優先となるルール）
- 手動運転車両の制限速度順守の取り組み
（制限速度の取り締まり強化及び2025年自動運転L4実現の啓蒙活動）
※NAAさま周知媒体により、自動運転の特性および注意事項について成田空港全事業者へ通達頂いた。

今後においても、航空局主催のワーキンググループにおいて他事業者や空港管理者とも協調して議論をしたい。

- 空港制限区域内における自動走行の実現に向けた検討委員会
- 共通インフラ／運用ルール検討WG/制限区域WG

AiRO株式会社

第15回空港制限区域内における自動走行の実現に向けた検討委員会
AiRO株式会社 羽田空港での実証実験計画



2023年10月5日

検証概要

| | |
|---------|---------------------------|
| 実施予定日時 | 2023年10月～11月 |
| 実施場所 | 東京国際空港（羽田空港） |
| 走行ルート | 東貨物地区～西貨物地区ルート、国内線～国際線ルート |
| 使用車両 | CarriRo Tractor 25T |
| 牽引コンテナ数 | 6台 |
| 自動運転レベル | Lv.3 |
| 実施者 | AiRO株式会社 |
| 協力会社 | 日本航空株式会社 |

本検証の目的



1. 東西貨物ルートLv.3実運用可否判断
2. 内際トンネル内の自動走行検証

<走行ルート>



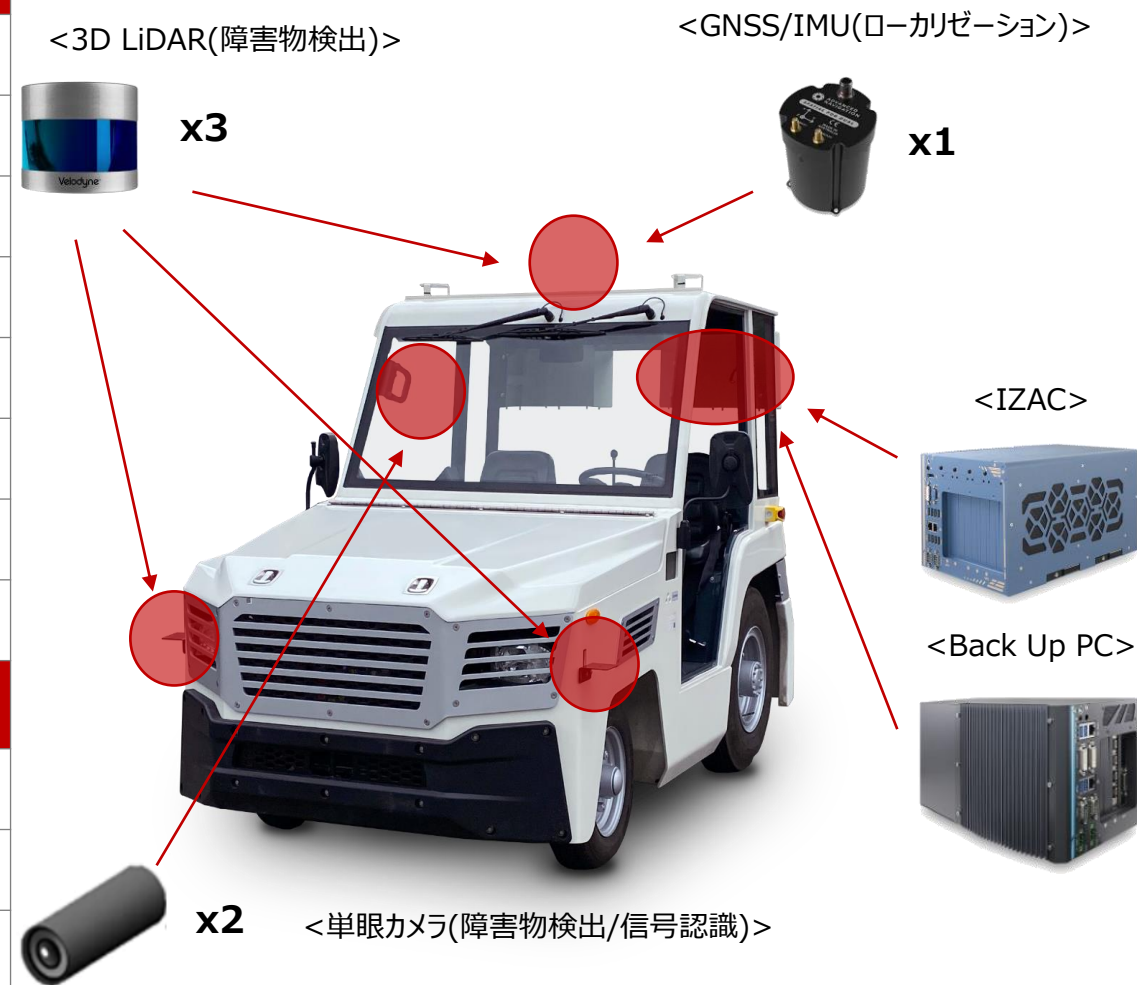
<車両外観>



<遠隔監視>



| スペック | |
|---------|---|
| 車両名称 | CarriRo Tractor 25T (ベース車両：Guangtai社製EV牽引車) |
| サイズ | 3.20m x 1.70m x 2.45m (センサー込み、全長x幅x高さ) |
| 最大牽引力 | 25トン |
| 走行速度 | 最大25km/h |
| 走行可能距離 | 満充電時：245km |
| 満充電時間 | 急速充電：1時間以内 |
| マニュアル運転 | 可能 |
| センサー | 3D-LiDAR x 3、単眼カメラ x 2、GNSS/IMU x 1 |
| 自動運転機能 | |
| “認知” | 3次元自己位置推定、信号・周辺車両認識、経路生成、レーン認識、レーン合流 |
| “判断” | 車間距離制御(ACC)、経路追従、周辺歩行者認識、車両回避、レーン合流 |
| “制御” | 自動ブレーキ(駐車)、レーンチェンジ、右左折/一旦停止 |
| 安全機能 | リアルタイム監視機能 |



スケジュール

- 9月27日に事前テストにて航空局様より空港内自動走行の承認を取得。
- 検証は10月・11月の計2か月間実施予定。
 - ①マニュアル走行 ②取得データの検証/遠隔監視セットアップ ③Lv.3自動走行の3段階にて実施予定。

2023 9月

| 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|---------------|---------|----|------|----|----|---------|
| 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 空港外コースにてテスト検証 | | | | | | |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 空港外コースにてテスト検証 | | | | | | |
| 17 | 18 祝祭の日 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 秋分の日 |
| 空港外コースにてテスト検証 | | | | | | |
| 24 | 25 | 26 | 27 ★ | 28 | 29 | 30 |

事前テスト (航空局様ご立会)

2023 10月

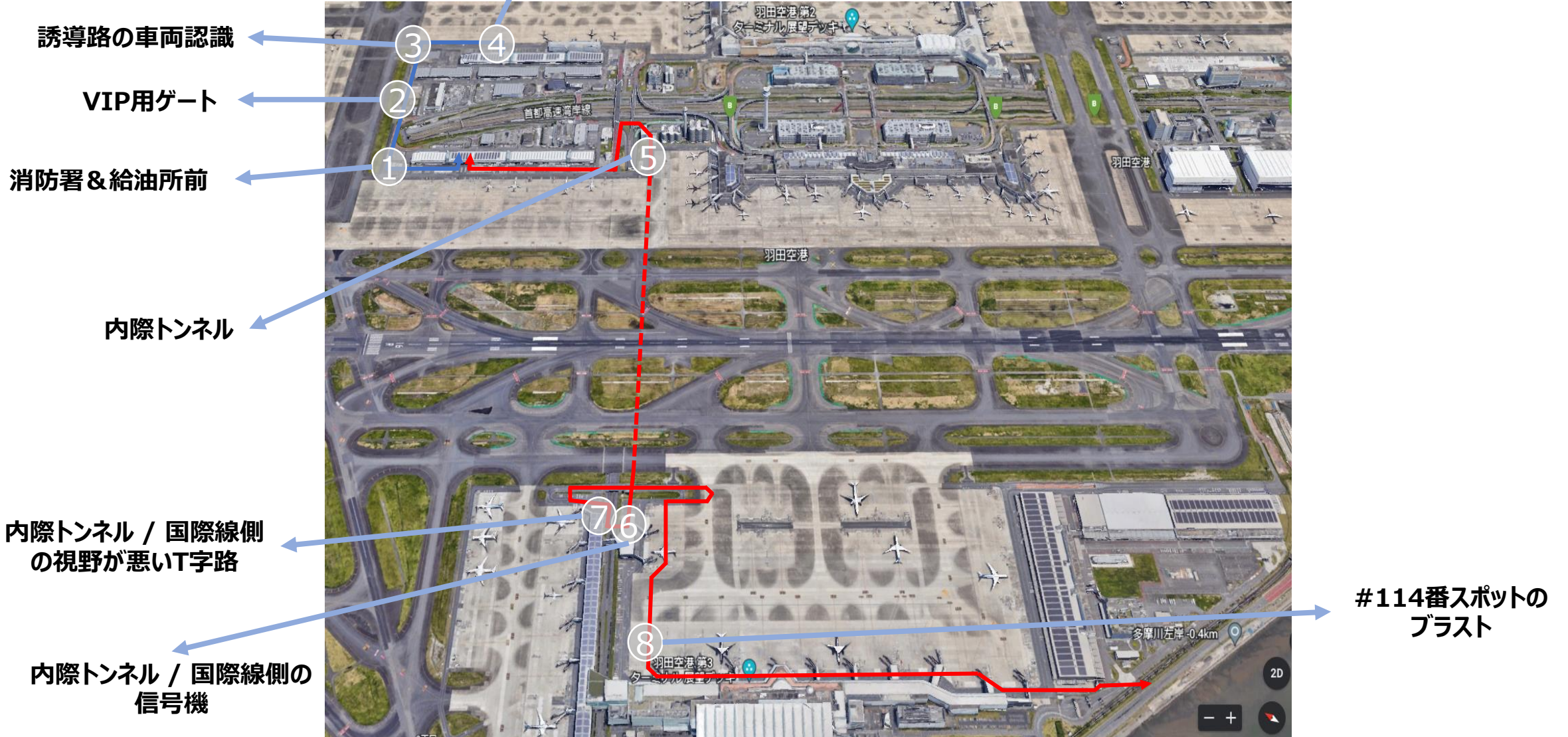
| 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|-------------------|----------|----|----|----|--------|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| マニュアル走行 (データ取得期間) | | | | | | |
| 8 | 9 スポーツの日 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| マニュアル走行 (データ取得期間) | | | | | | |
| 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 取得データの検証期間 | | | | | | |
| 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 取得データの検証期間 | | | | | | |
| 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 文化の日 | 4 |

2023 11月

| 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|----------|----|----|----|-----------|--------|----|
| 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 文化の日 | 4 |
| Lv.3自動走行 | | | | | | |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Lv.3自動走行 | | | | | | |
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| Lv.3自動走行 | | | | | | |
| 19 | 20 | 21 | 22 | 23 勤労感謝の日 | 24 | 25 |
| Lv.3自動走行 | | | | | | |
| 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 1 | 2 |
| Lv.3自動走行 | | | | | | |

走行ルート内注意ポイント

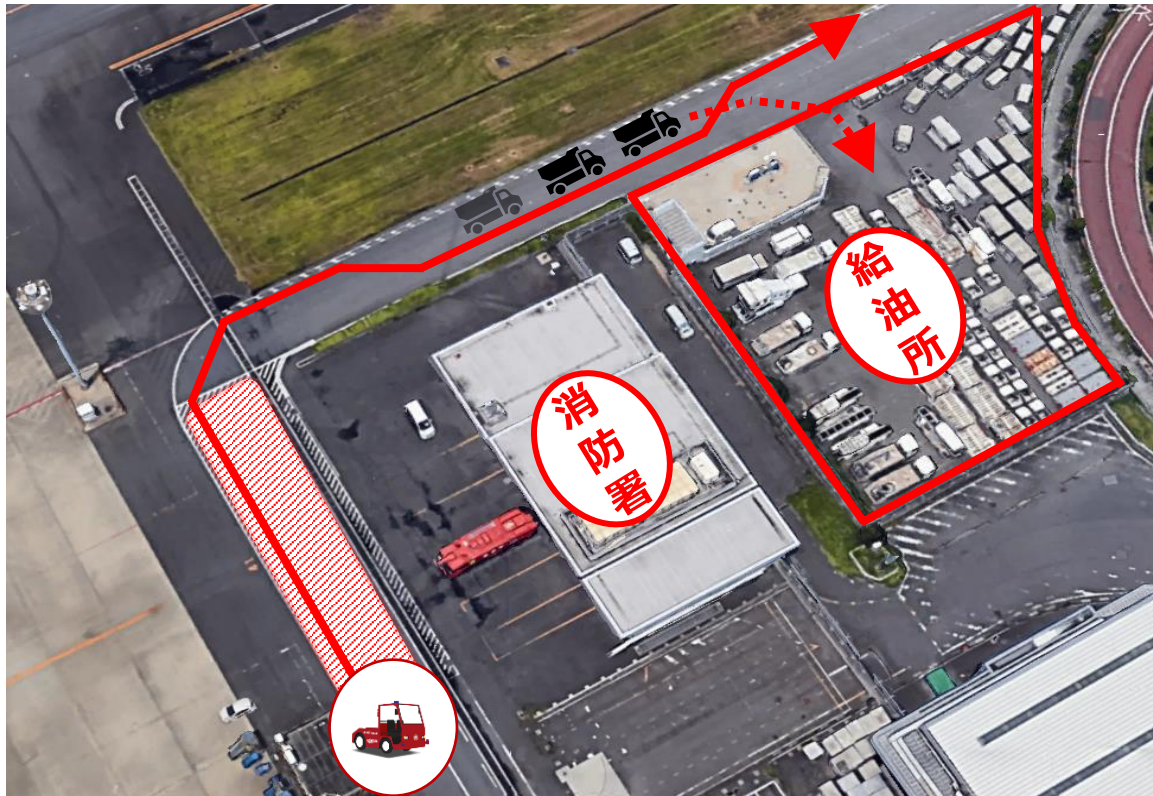
マーシャラー(航空機誘導員)の検知



注意ポイント詳細 (東西貨物ルート)

1 消防署前&給油所近辺

- 場合に依り、消防署前に車両が駐車しており視界が悪い
⇒給油所前の列 (給油待ち) の検知難易度UP
- 消防署前はゼブラゾーン：車両は勿論、後列のコンテナも停止禁止エリア
- 右折後、可能ならば追い越し



2 VIP用ゲート

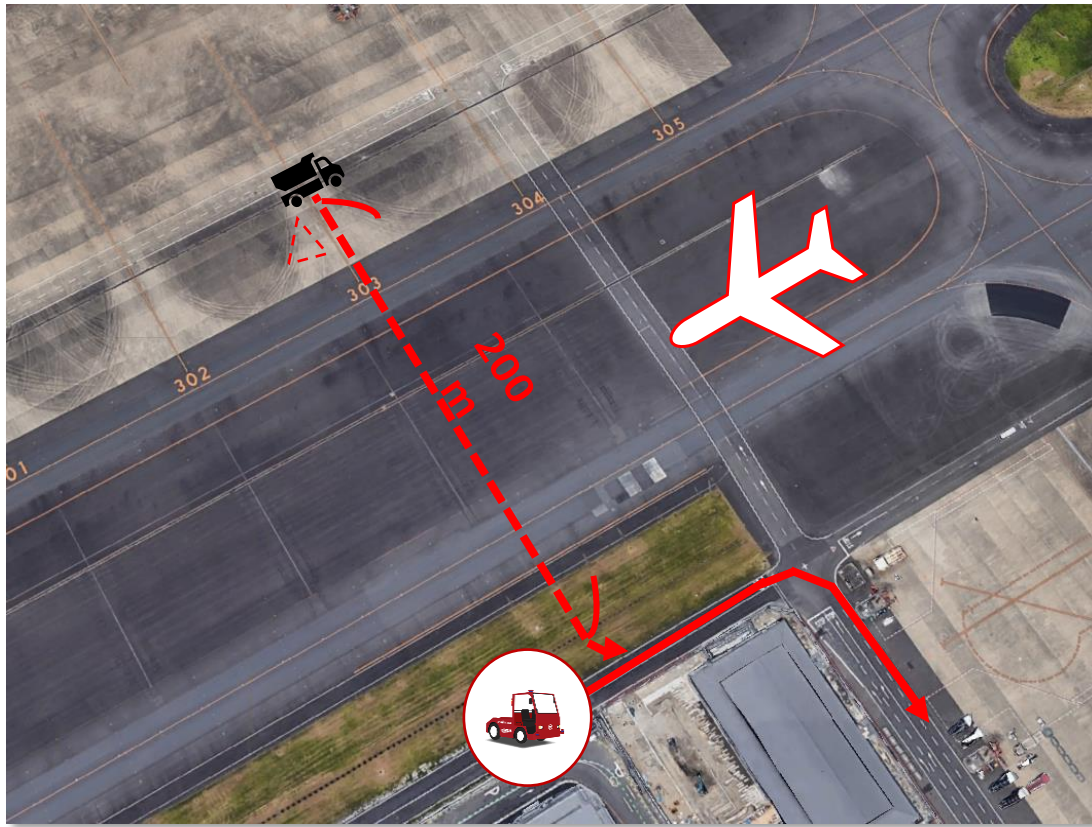
- VIP対応の際は東西ルート中間点にあるゲートがCLOSE
- 事前にCLOSE時間は把握することが可能、しかし航空機の遅延などが発生した場合は2~3時間CLOSE状態が続くことも
- 西⇒東に走行時、ゲートCLOSEの際は給油所でUターンが必要



注意ポイント詳細 (東西貨物ルート)

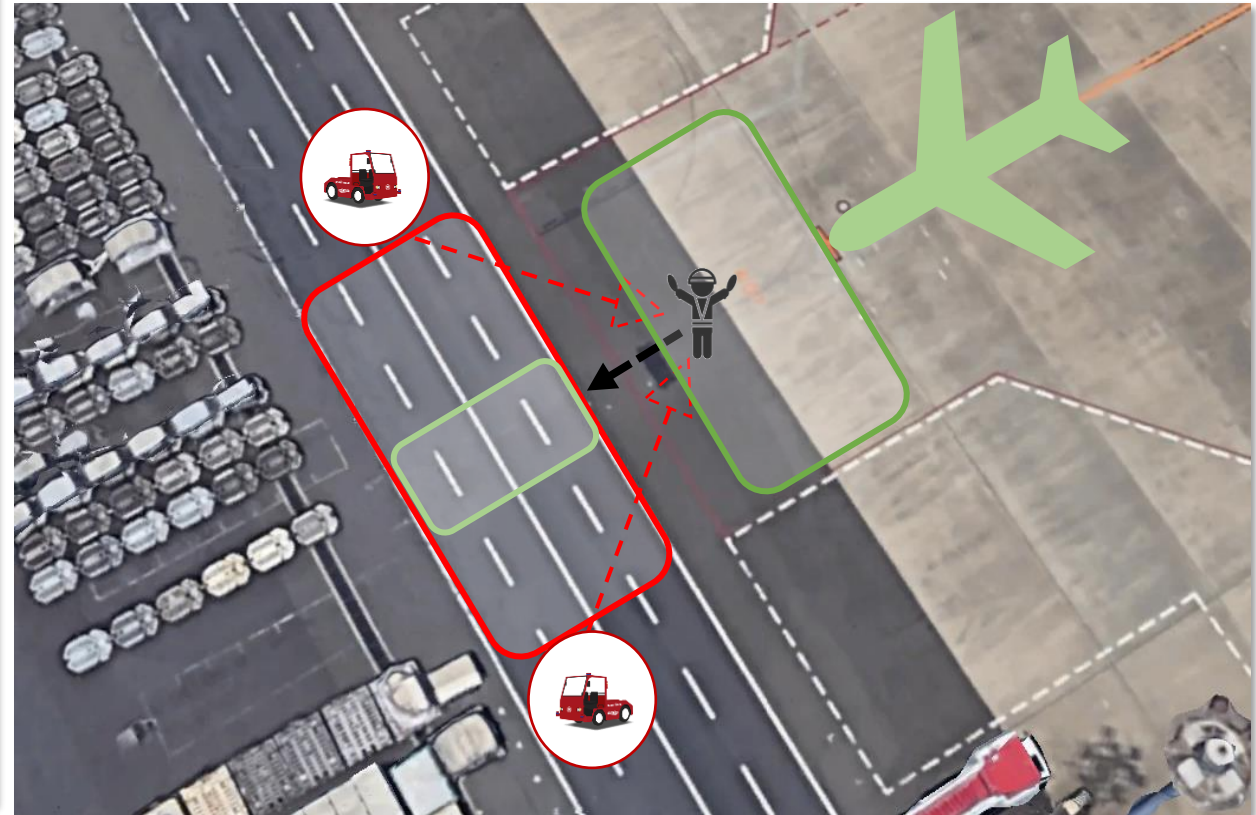
3 誘導路の車両認識

- 航空機の移動が最優先 = 誘導路に進入し始めた車両がいれば停止線でSTOP
- 誘導路の幅はおよそ200m、現搭載センサーのスペックでは検知難しい



4 マーシャラーの検知

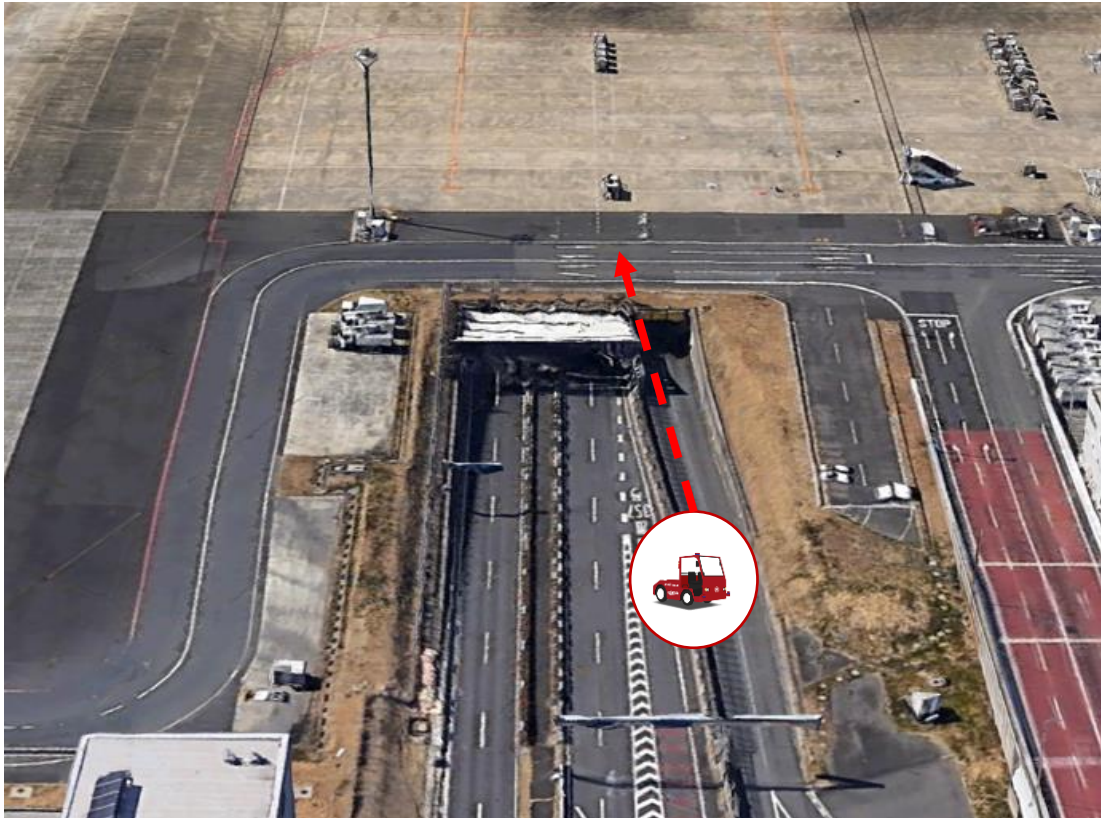
- マーシャラー (航空機誘導員) が車両通行帯に進入するケース
⇒機種/スタッフによって通行帯へ入らない場合も
旗の振り方も人それぞれで区別が困難 (安全ベスト・ヘルメットは全員着用)
- マーシャラー検知 (人物検知) を機能追加
⇒範囲内のマーシャラーでない作業員を検知することで、車両が全く動かなくなる恐れ



注意ポイント詳細（内際貨物ルート）

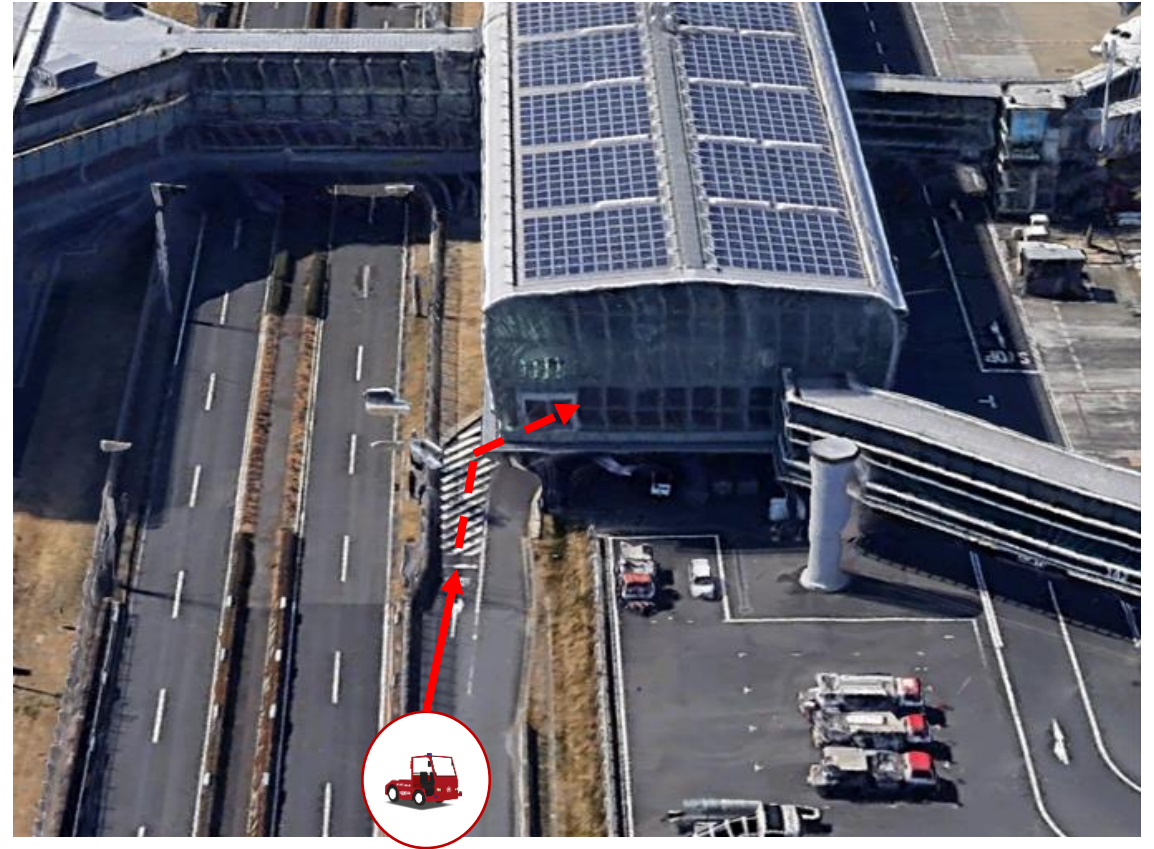
5 内際トンネル

- トンネル幅が非常に狭く、パレットドリー同士がギリギリすれ違い可能
- AiRO車両は成田空港にてトンネル走行に成功しているが、環境の違いによる変化を検証、場合によってはインフラ側の工夫が必要



6 内際トンネル/国際線側の信号機

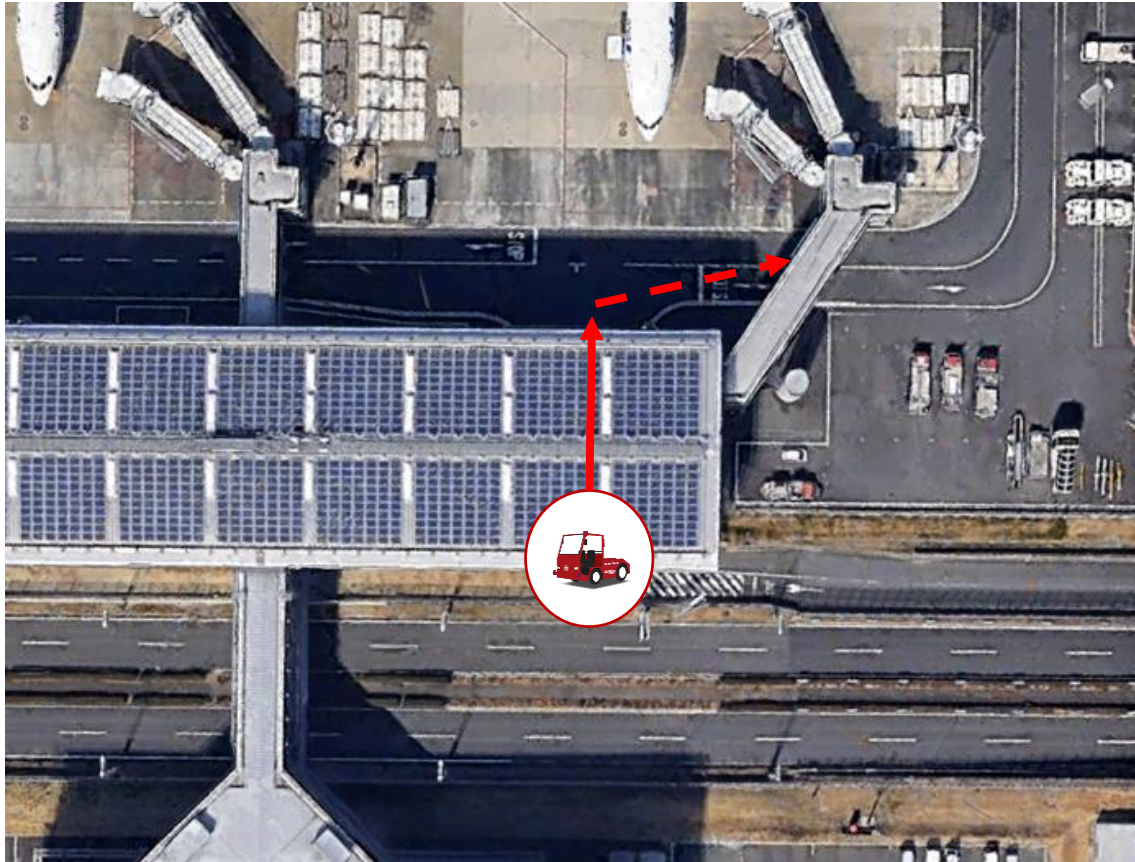
- 頻度は少ないが、（工事などで）信号機を用いて進行STOPの指示が行われるケースがある
- 車両搭載カメラで信号機の認識が出来るのか検証が必要



注意ポイント詳細（内際貨物ルート）

7 内際トンネル / 国際線側の視野が悪いT字路

- ターミナル下からT字路を右折する際に、大型バスや大型GSEとすれ違う場合視野が悪くなる



8 114番スポットのブラスト

- 114番スポットに入る航空機から発出されるブラストの検知が必要（スポットから出る際はプッシュバック車を用いるためブラストは発出されない）
- Flight information などとシステム連携し、いつ114番スポットに航空機が入るのか事前に把握出来るようにするなど対策が必要

