

各グループの実証実験結果報告

※実証実験実施順

- AグループP. 1
 - 豊田通商(株)
- Fグループ
- 鴻池運輸(株)、(株)ZMP
- GグループP. 13
 - AIRO(株) (丸紅(株)、(株)ZMP)
- EグループP. 39
 - 愛知製鋼(株)、SBドライブ(株)、先進モビリティ(株)、全日本空輸(株)、
(株)NIPPO、日本電気(株)
- DグループP. 69
 - SBドライブ(株)、日本航空(株)

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

豊田通商株式会社

1. 実験車両概要

実験車両の概要

使用車両	2getthere社製・GRT(車種名)
乗車定員	24名(着席8名、立席16名)
全長／全幅／全高(m)	6.044／2.104／2.784
車両重量(kg)	4,500
ハンドル有無	無(但し、遠隔プロポ有り)

走行制御技術の概要

- ・路車連携型
- ・磁気マーカによるガイドウェイ方式
- ・2m間隔で磁気マーカを設置
- ・前後方向無し(Bi-directional)

外観



(路車連携型の場合)路面側設備の概要

- ・制御用:磁気マーカ
- ・遠隔操作・監視用:Wifi又はその他通信設備

内観



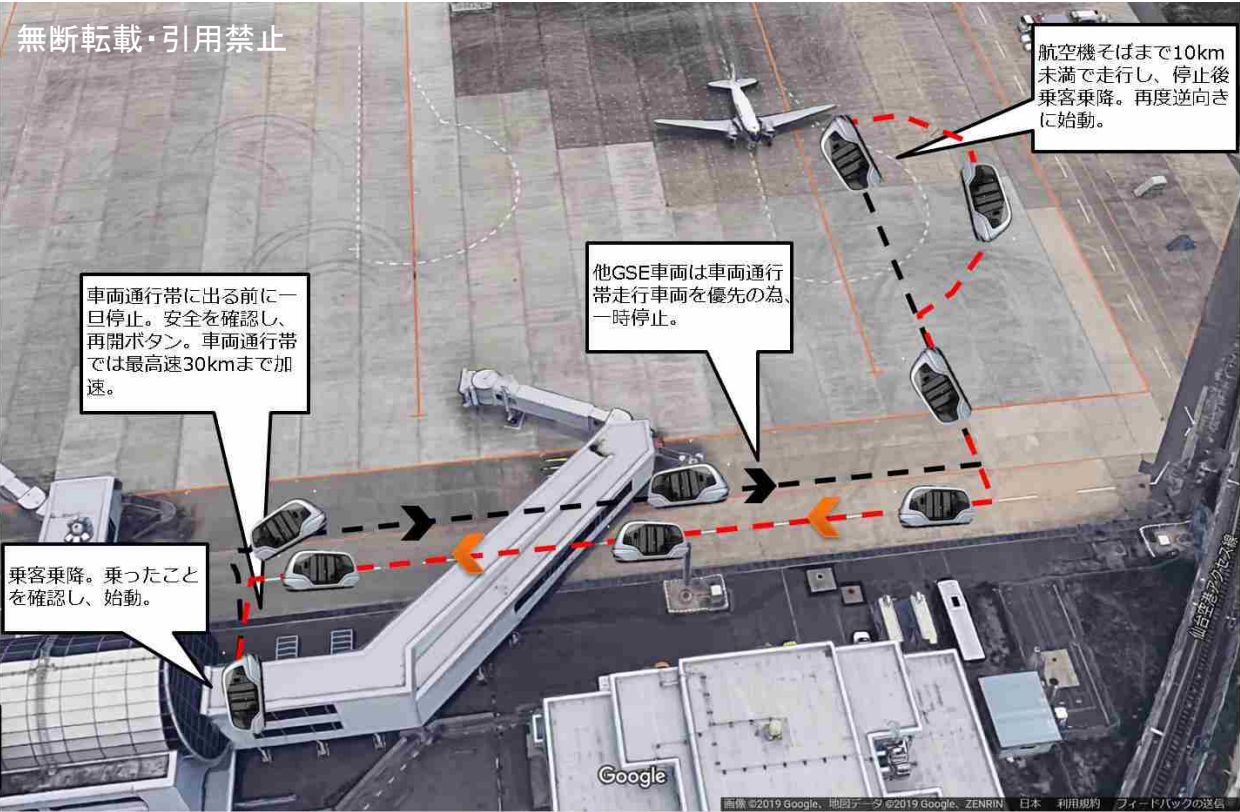
センサ等の概要

- ・カメラ 前後1基
- ・音波センサー 計6基

2. 実証実験結果

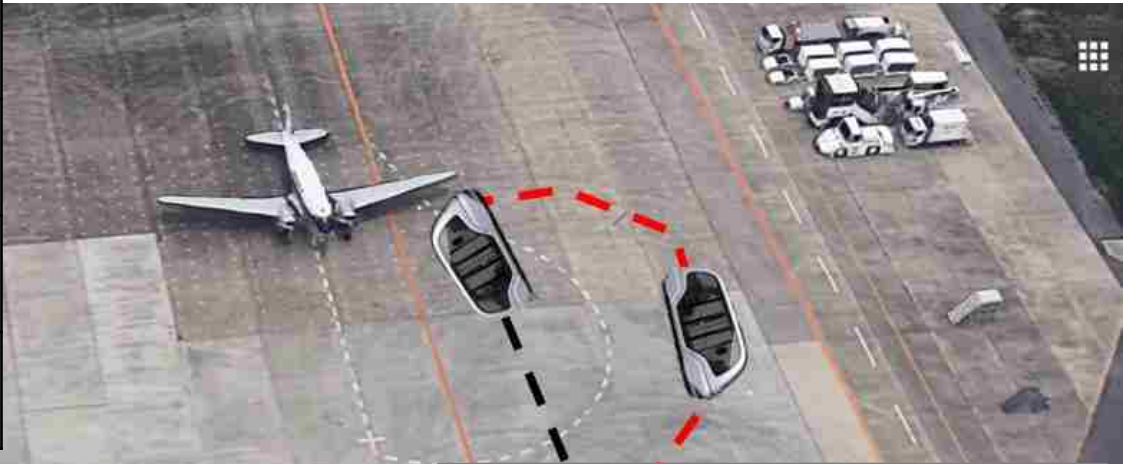
実証実験概要

実施日時	2018年12月10日～12月11日
	12月10日 9:00～13:00（天候：晴） 12月11日 9:00～13:00（天候：晴）
実施場所	仙台空港
走行ルート	・国際線到着ゲート～1番スポット(エプロン) （片道約200m）

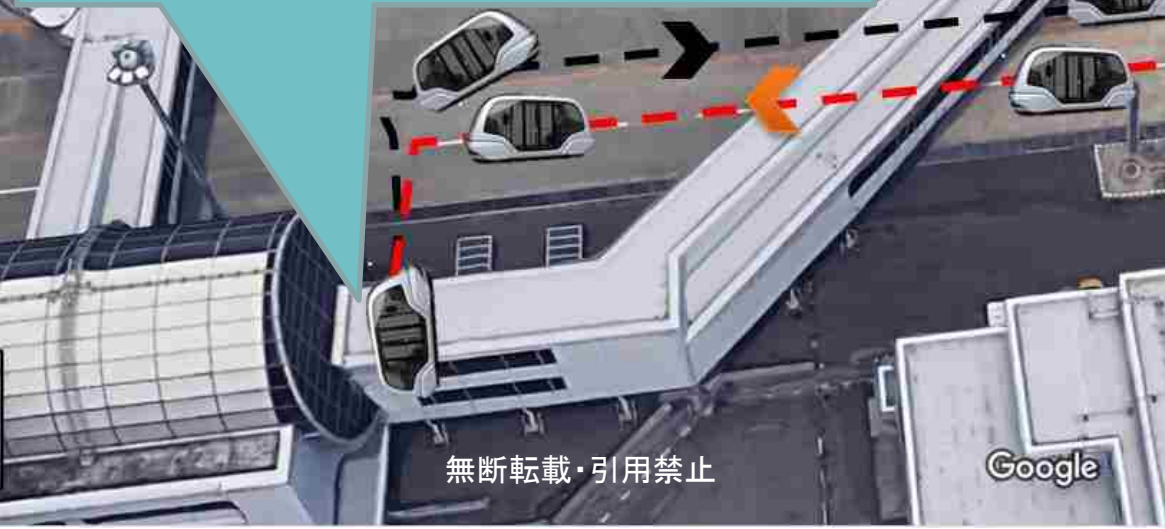
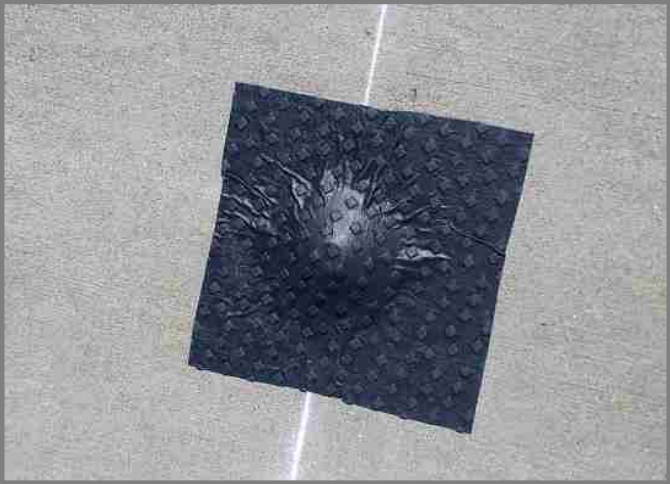


実証実験結果

走行距離	総走行距離	3(km)
	うち、自動走行距離	2(km)
予定していない手動操作の回数	合計回数	1(回)
	自動走行距離あたり回数	0.5(回/km)



発生箇所: 到着口前(車両停泊場所)
状況: 12月11日の試乗時に、突然磁気マーカーの読取異常が発生。走行を一時中断し、システムリセット・キャリブレーションにて回復。
要因: 実証前の3日間磁気マーカーの上に停泊させていたこと、空港側の路面内のケーブル類と磁気干渉した恐れがあることから検知異常が発生。実験前に十分な路面調査が出来なかったことが要因



発生箇所: 車両通行帯
状況: 走行上異常は発生していないものの、磁気マーカーの設置時、1つが上下逆で設置されていた。異常値を検知していたものの、1つ程度の異常では走行上問題無し。
要因: 設置時の確認不足による

無断転載・引用禁止

Google

自動走行に係る技術的課題

車両・人物の検知

【課題】実験時の検知としては問題無かったが、他GSE車両の挙動（特に予測不可能な）への対応と、混在交通時の優先ルール設定など。

【今後の改善・対応策】

実用化に向け、空港側の運用適合に向けた学習・検証。技術的解決ではインフラ側やV2Xなどの通信活用など

航空機の検知、ブラスト把握

【課題】実験時は画像処理による検知まではしていないが、画像処理による物体の検知は必須と想定（航空機までの距離・予測スピードなど）

【今後の改善・対応策】

カメラによる検知・画像処理での対応・遠隔監視/操作、又、制限区域の交通ルール設定など

センサー測位精度

【課題】磁気マーカ側側の測位精度は問題無いが、エプロン内への設置（埋め込み・貼り付けなど）方法や剥がれの防止策など。またその他センサー類の冗長性の向上。

【今後の改善・対応策】

路面特性や空港側のルールとの適合検証。剥がれ防止の素材追求・検証。事故発生時対応の体制構築

3. 意見、要望等

規則に関する意見・要望

運転者の条件及び車両運転に関する規則

【意見・要望】

- ・運転手による操作の解釈明確化（管制室からの遠隔操作をどうとらえるか）
- ・運転者の責任範囲の可視化（免許制度など）

車両の要件

【意見・要望】

- ・道路交通法の適用例外措置、保安基準などの緩和（運転席有無、車両規格など）

その他制限区域内における作業員等に関する規則

【意見・要望】

- ・自動運転車両に対する理解・受容性の醸成
- ・緊急時発生の際のサポート体制の構築（安全場所への退避、乗客及び車両の誘導等）

走行路・マーキング

【意見・要望】

- ・路面工事への許可及び基準の設定
- ・耐久性など要件判定方法の設定

駐車・充電設備

【意見・要望】

- ・急速充電設備の設置許可（規格・電圧への適合対応など）

その他

【意見・要望】

- ・安全基準/許認可制度のロードマップ化
- ・Airport Stakeholder への運用/安全面での十分な説明と訓練
- ・空港毎の特徴に応じたルールの許容

次年度以降実証実験に関する意見・要望

2020年に空港制限区域内で走行するために必要な実証実験に関する意見・要望

【意見・要望】

- ・車両側要件への許認可条件の緩和
- ・実用化における必要手続きの可視化
- ・継続して行う必要がある場合、今後の実証実験における目的の具体化

その他の意見・要望

【意見・要望】

- ・制限区域内における独自ルールの制定など（SAEレベル適用が最適か否か）

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



グループF
鴻池運輸(株)／(株)ZMP



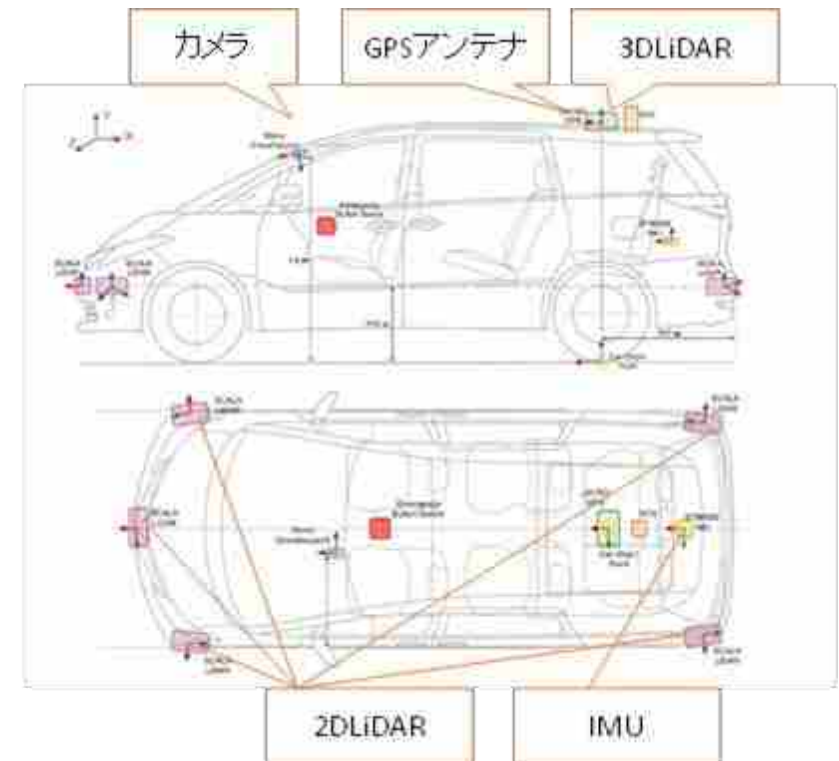
グループG
AIRO株式会社
(丸紅・ZMP)

1. 実験車両概要

実験車両の概要（F・G共通）

主な仕様

使用車両	ZMP製RoboCar® MiniVan (ベース車両：トヨタ製エスティマ)
乗車定員	7名
全長／全幅／全高（m）	4.88／1.82／1.74
車両重量（kg）	2.140
ハンドル有無	有



<走行制御技術の概要>

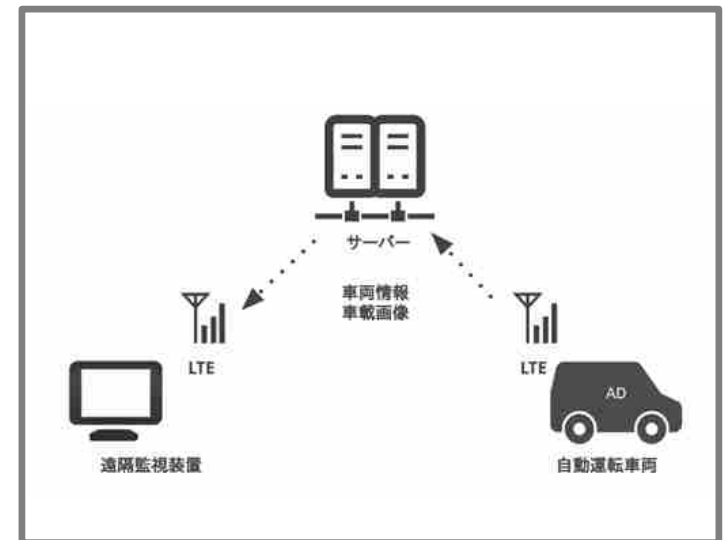
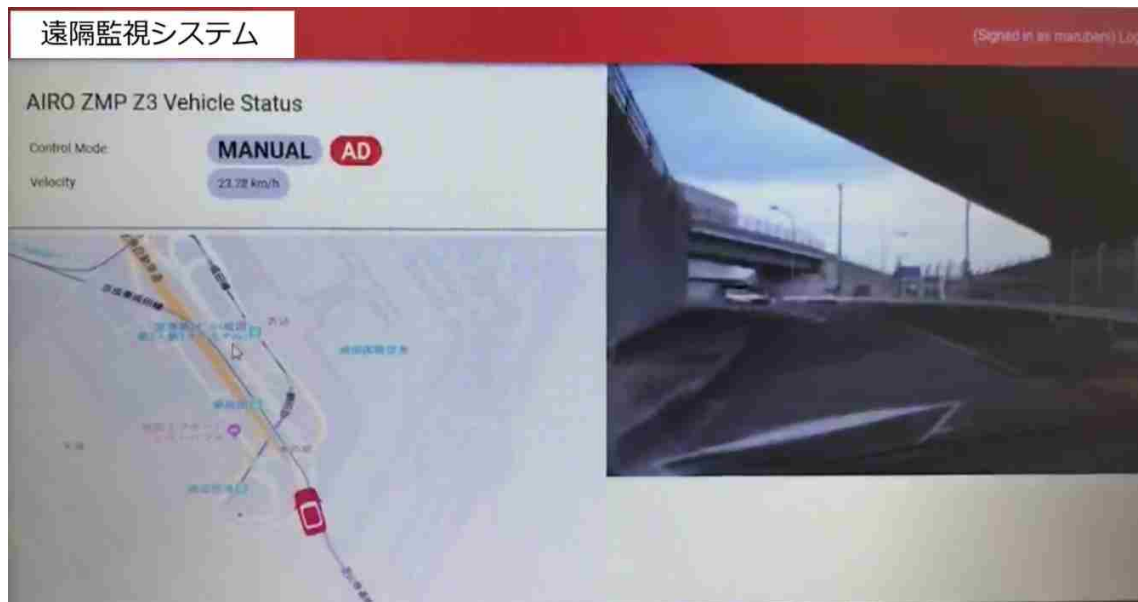
- ・**車両自律型（インフラ側に一切手を加えずに自動運転を実現）**
- ・自動走行システムの機能：直進、加減速、停止、右左折、車間距離・車線維持等は全てシステムが実施
- ・GPS、Lidar、IMU等の複数センサから自己位置推定を実施
- ・安全装置として、自動走行から手動走行に切り替えるオーバーライド機能および緊急停止ボタンを追加設置

センサ等の概要

- ・カメラ 前1基
- ・LiDAR 計6基
- ・GPS 1基
- ・IMU 1基

遠隔監視システム（F・G共通）

- リモートでの監視システム。今回はリモートでの制御は実施せず、状況のモニタリングのみを実施。



監視システム構成

遠隔監視システムの概要

- 今回の監視対象：
自動/手動のステータス、時速、走行場所、カメラからの映像
- ネットワーク回線は一般キャリア回線を利用
- ノートPCを利用し、移動しながらも確認できるシステムとした

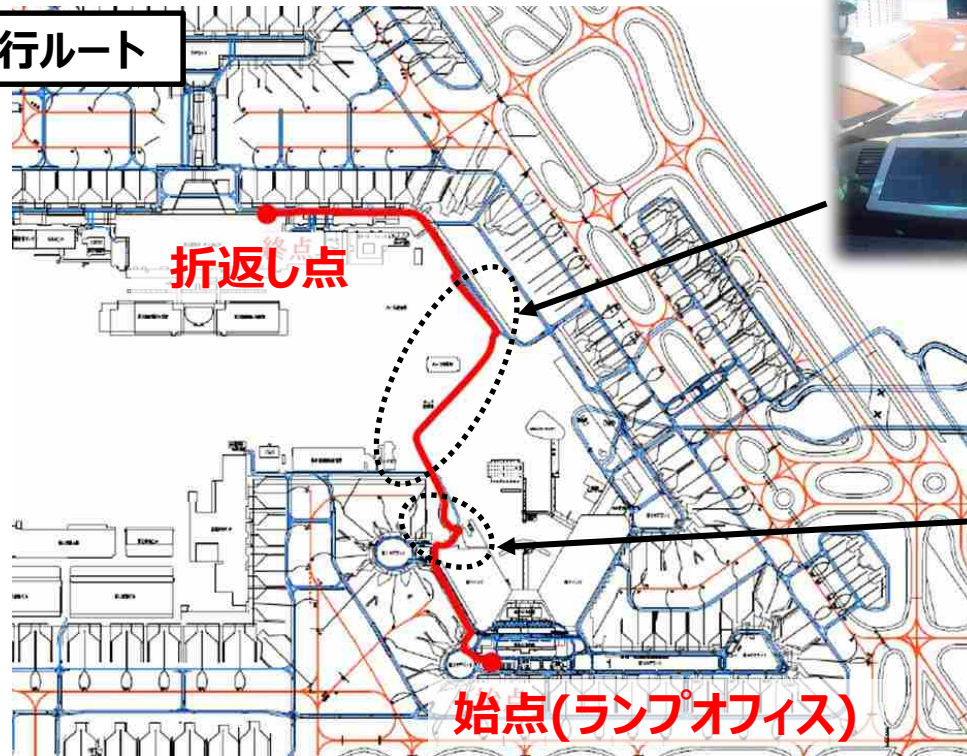
実証実験概要（Fグループ）

実施日時	2018年12月17日(月)、18日(火)、19日(水)		
	12月17日	11:00~17:00	(天候：雨後晴)
	12月18日	11:00~17:00	(天候：晴)
	12月19日	11:00~17:00	(天候：晴)
実施場所	成田国際空港		
走行ルート	第1ターミナルから第2ターミナル (往復約2k)		

本エリアの業務概要

- ✓ 日本空港サービスランプオフィスと第2ターミナル間の作業員の人員輸送

走行ルート



陸橋



歩道が狭いエリア

実証実験概要（Gグループ）

実施日時	2019年1月28日(月)、29日(火)、30日(水)		
	1月28日	11:00~17:00	(天候：晴)
	1月29日	11:00~17:00	(天候：晴)
	1月30日	11:00~17:00	(天候：晴)
実施場所	成田国際空港		
走行ルート	第2ターミナルから南部貨物地区 (往復約7km)		

本エリアの業務概要

- ✓ スイスポートジャパンランプオフィスと貨物エリア間の乗務員およびエンジニアスタッフの人員輸送
- ✓ 1貨物機離発着に対し、3往復程度の人員輸送業務が発生

走行ルート



2. 実証実験結果

実証実験概要（Fグループ） ※発表時は動画を流します

エプロンエリア



ターミナル間陸橋



ターミナル建屋下



実証実験概要 (Gグループ) ※発表時は動画を流します



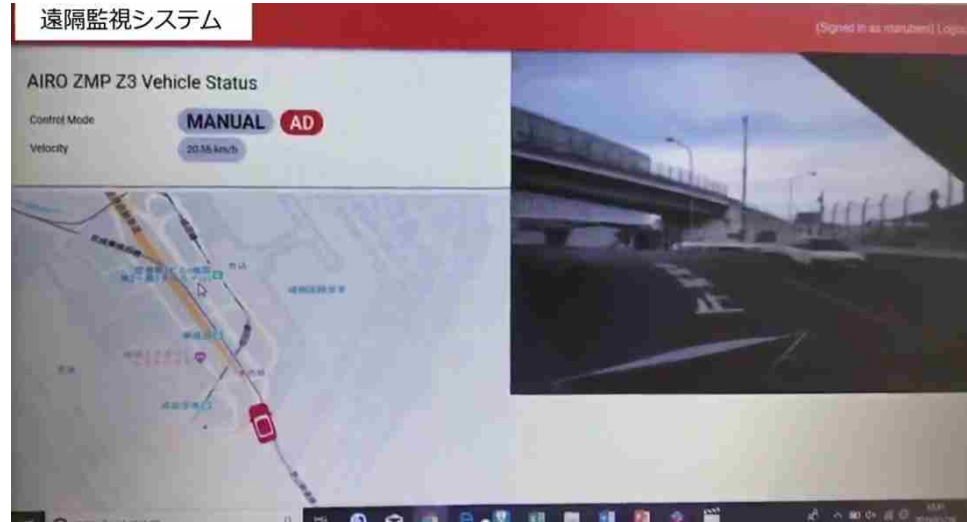
車内走行映像 (信号のない交差点)



車内走行映像 (トンネル内の走行)



遠隔監視システム



実証実験結果（サマリ）

【グループF】

走行距離	総走行距離	60.9 km
	自動走行距離 (自動運転率)	60.7 km (99.7%)
予定していない 手動操作の回数	合計回数	5 回
	手動操作の理由	・車道歩行者の回避 ×2 ・シナリオの実行誤り ×1 ・走行パスズレ ×1 ・ハード不具合 ×1

【グループG】

走行距離	総走行距離	53.4 km
	自動走行距離 (自動運転率)	51.9 km (97.2%)
予定していない 手動操作の回数	合計回数	8 回
	手動操作の理由 (概要)	・駐停車回避 ×1 ・緊急車両優先 ×1 ・工事現場回避 ×3 ・ハードウェア不具合 ×3

今回の実証実験実施を通して技術的な難易度が確認でき、いくつかの課題はありつつも自動運転の実用化の目途はついたと考えています。

実証実験結果 - 1

走行距離	総走行距離	53.381 km
	自動走行距離 (自動運転率)	51.909 km (97.2%)
予定していない 手動操作の回数	合計回数	8 回
	手動操作の理由 (概要)	・駐停車回避×1、 ・緊急車両優先×1 ・工事現場回避×3 ・ハードウェア不具合×3

発生箇所：第2ターミナル付近
発生状況：車線をトラックが跨って駐停車していたため、オーバーライドで回避
発生要因：駐停車車両への回避対応は未実装

発生箇所：第2ターミナルと南部貨物地区の間
発生状況：後方から救急車が近づいてきたため、オーバーライドで側道に停車
発生要因：緊急車両の対応は未実装

発生箇所：南部貨物地区（折り返し地点近辺）
発生状況：3日目のみ工事を実施しており、車線内に設置された工事用臨時フェンスを検出し自動運転車両が停止。オーバーライドで回避。
発生要因：コース内障害物への回避対応は未実装

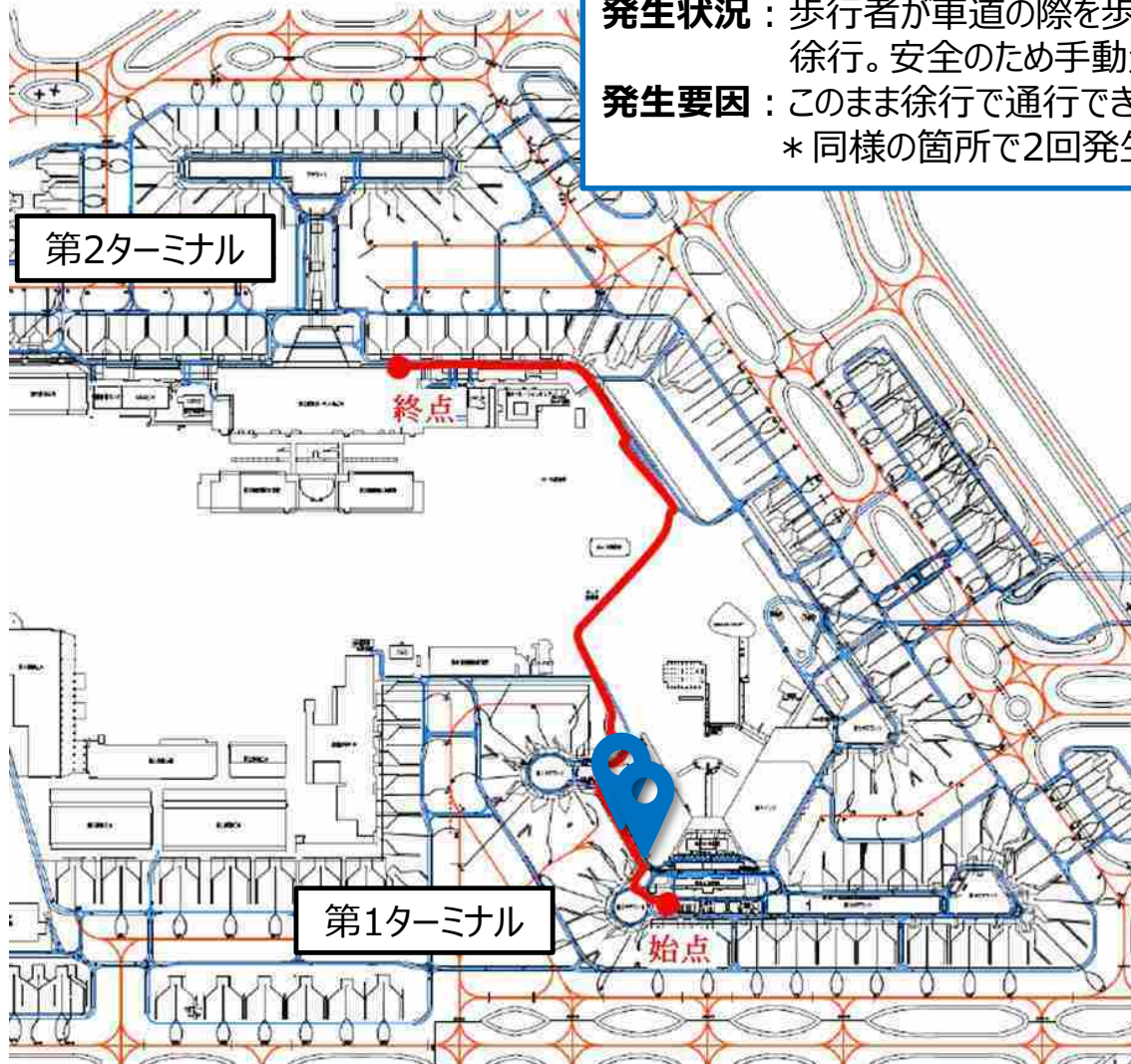


実証実験結果 -2

発生箇所：第1ターミナル付近

発生状況：歩行者が車道の際を歩いており、センサーが歩行者を検知し自動運転車両は徐行。安全のため手動走行に切り替えて歩行者を回避。

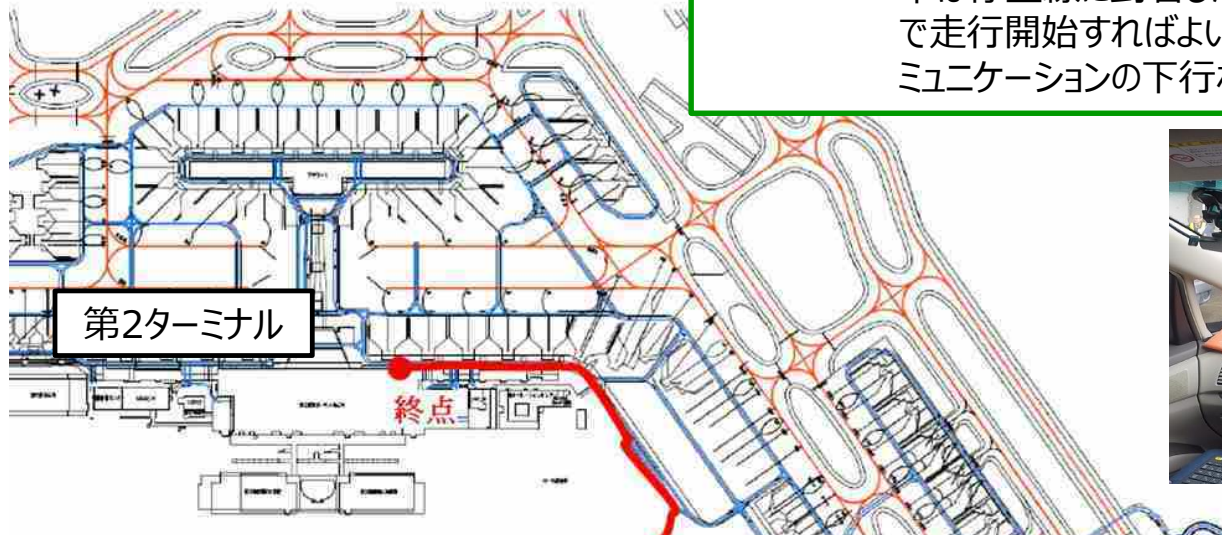
発生要因：このまま徐行で通行できた可能性もあるが、安全性を重視して運転者が判断
* 同様の箇所で2回発生



実証実験結果 -3

対象箇所：第1ターミナル付近

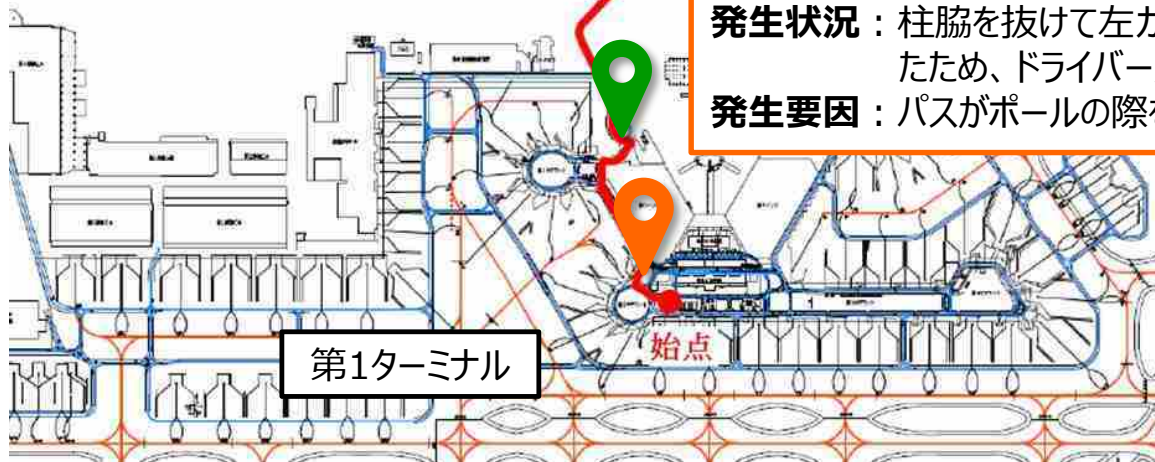
発生状況：オーバーライドは発生していないが、全て非優先の交差点の場合、基本は停止線に到着した順で走行を開始するが、停止後どのタイミングで走行開始すればよいか判断が難しい。運用上は、運転手同士のコミュニケーションの下行われている。



対象箇所：第1ターミナル ランプオフィス付近

発生状況：柱脇を抜けて左カーブを曲がる際、左側の柱に予定パスよりも近づいたため、ドライバーが安全のためにオーバーライド

発生要因：パスがポールの際を通る設定となっており、余剰が少なかったため。



実証実験結果 -4

<急減速>

発生箇所：第2ターミナル付近

発生状況：対向車線から給油車両が接近、センサーが車両を認識し急減速。自動運転のまま継続走行

発生要因：大型で幅があったり、車線外車両の検出に対する減速判断設定が安全側に設定しているため



<遠隔通信>

発生箇所：南部貨物地区へのトンネル内

発生状況：遠隔監視システムの一次停止（通信断）

発生要因：トンネル内で通信ネットワーク（キャリア回線）が繋がりにくくなったため



自動走行に係る技術的課題

車両の検知

【課題】

給油車やバスなど大型で幅がある車両に対し、過度な減速をするケースへの対処

【対応策】

実地テスト/シミュレーションを繰り返し、大型車両や特殊車両とのすれ違い走行に対して適切な動作チューニングを行っていく

【課題】

車線にはみ出た駐停車車両に対する判断と回避対応

【今後の対応】

一次停止／駐車 of 判別方法の検討、および駐車車両の回避行動の開発を進める
また、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

【課題】

緊急車両の認識方法の検討、および認識時の対応方針の定義と開発が必要

【今後の対応】

車両側での認識～対応、または遠隔監視側での判断補助などを含めて、技術的に対応可能な方法を検証していく

自動走行に係る技術的課題

人物の検知

【課題】

センサーにより人物の検知はできており、自動運転車両も徐行をしている。ただし、車道に近い場所や車道上を歩行している場合に、歩行者の挙動によっては急減速や急停止する可能性がある

【今後の対応策】

音声アラーム等による歩行者への情報発信、または徐行での回避行動の開発などを検討する
車道上歩行のルール検討の可能性もあわせて空港管理側と協議していきたい

航空機の検知

【課題】

今回は誘導路は走行対象外としたため、航空機やブラストの検出は未実施

【今後の対応策(案)】

- ①自動運転車両側での検出を開発
→データを取得し、飛行機の検出やブラストの把握を行うアルゴリズム開発により対応
- ②空港インフラ側へのセンサー設置
→自動運転車両走行ルート上で航空機の認識が必要な個所にセンサーを設置し、自動運転車両側へ情報連携する仕組みを構築（類似システムの開発実績あり）
- ③空港管制システムとの連携
→自動運転車両近辺の航空機の走行ルートを管制システムから受信し、自動運転車両の走行・停止判断を行う

自動走行に係る技術的課題

システムの信頼性向上

【課題】

ハードウェア故障が発生した際は、手動運転に切り替える必要があり、無人化への対応が必要

【今後の改善・対応策】

無人運転の実現には以下のような対応が必須となる（現在開発中、今後実装予定）

- ・システムの監視機能の強化
- ・ハードウェア故障対応として冗長化等で信頼性向上
- ・冗長性を超えて障害が発生した場合でも安全に停止する装置の追加実装が必要

協力会社：スイスポートジャパン様 アンケート結果

自動運転車両に試乗した感想

- ・人や車両の感知等、自動運転車両としての動作は問題無く、走行速度も安定しており乗っていてスムーズさを感じた。
- ・制限区域内初の実証実験としては大きな成果があり、技術力の高さを感じた。

実用化に向けてのコメント

- ・スイスポートジャパンの実務において、搬送人数やクルーの荷物を考えるとより大きい車両もあると実用的と思われる。
- ・どの飛行機がどのスポットに入るか一定期間でも固定することで、ハンドリングを行う航空機までのルートも固定され、自動運転車両も実用化しやすくなるのではないかな。
- ・成田国際空港では頻繁に霧が発生する。3メートル先が見えない程の濃霧になり、GSEの走行ルートが限定される運用制限が掛かることもある。悪天候でも走行可能な自動運転車両があれば業務効率化に繋がるのではないかな。

3. 意見、要望等

規則に関する意見・要望

車両運転に関する規則

【意見・要望】

- 一般道と同じように混在空間では渋滞が発生するケースが見受けられた。自動運転車は規則通り厳密に制限速度を守るが、ヒトの運転する車両は状況に応じてやや制限速度を越えて運用している実態がある。**追い越しのできない区間で双方が共存する場合、他の車両の運行に支障をきたす恐れがあるか、**共に検討していきたい。
- 自動運転車両は急ブレーキを行う可能性があるため、後方車両はある程度、車間距離を空けるなどの対応が望ましい。特にTT車両など重量が重い車両は制動距離が長い¹ため注意が必要。後方車両へ電光掲示板等で知らせる手段などについても規則の緩和を検討いただきたい

運転者の条件

【意見・要望】

- 空港制限区域内で運転する作業者には、自動運転車両の想定される挙動や注意事項について事前に共した²ほうがよい
- 有人テスト期間における自動運転のセーフティドライバーについては、自動運転車両の特性を理解し、十分トレーニングを積む必要がある（**ライセンスを付与するなど、ZMPにはルールあり**）

その他制限区域内における作業員等に関する規則

【意見・要望】

- 車線をはみ出した歩行は原則として禁止し、やむを得ず車道へ出る場合は指差し確認など後方車両を確認していただく等のルール化を検討していただきたい
- 自動運転によって死角となりうる箇所を整理し、飛び出し注意等のマーキングをしたり、その箇所の周知を行うことで急な飛び出しを削減していくなどの活動は不可欠
- 自動運転車両の存在と挙動の特徴を作業員全体へ理解していただく啓蒙活動

施設・設備等に関する意見・要望

走行路・マーキング

【意見・要望】

- All-Way-Stopは停止・進行の判断が難しいため、全交差点で優先・非優先を設けることで自動運転の判断がしやすくなると想定される

駐車・充電設備

【意見・要望】

- 自動運転車両専用の駐車スペースを設置することで、駐車スペースから発進し、戻って停止するところまでの全自動運行にむけたハードルが下がる

その他

【意見・要望】

- 車線から近い位置に車両やコンテナが置かれており、死角が多い。車線からのクリアランスをルール化する等で、人や車両の飛び出しがあってもセンサーが検知しやすくなると想定される
- トンネル内など、遅延なく通信可能となるよう、ネットワーク増強をお願いしたい



次年度以降実証実験に関する意見・要望

2018年度実験の総括

一般公道で実績のある自動運転システムを基に空港向けカスタマイズを追加し対応

- ⇒ 一般公道よりも環境は整然としているため、蓄積した技術で空港での自動運転の実用化について、**走行面での技術的な見通しは立ってきた**と考えております。
自動運転率100%を目指しつつ、遠隔監視・操作などを考慮して**実運用に必要なレベルを見極めるためのサービス検証**フェーズを計画していきたい意向です

次年度以降実証実験に関する意見・要望

2020年に空港制限区域内で実運用走行するために必要な実証実験に関する意見・要望

今後実施していきたい内容

国交省様・空港管理会社様へ ご相談していきたい内容

2021年度
以降

無人運転を安全に運用

- 外部環境との連携で自動運転車両の物体認識精度を向上
- ◆ インフラ側へのセンサーを設置、自動運転車両に情報連携
- ◆ 管制から航空機情報の連携、対象ルートの走行可否をシステムが判断
- ◆ 無人運転の実運用

- 空港関連システムとの連携開発への協力
- 無人運転向けインフラ整備にむけた協力
- 無人運転ルールの運用とさらなる整備

2020年度

実運用の部分的な開始

- ◆ 限定ルートでの実運用開始（有人）
- ◆ 無人運転化への実証実験の実施（空港実フィールド）

- 実運用(有人)のためのインフラ整備
- 実運用(有人)ルールの策定と運用
- 無人運転実証実験の推進とルール策定

2019年度

より安全な走行

- ◆ 電光掲示板や音声で歩行者や他車両とのコミュニケーションを実施
- ◆ 死角が多い箇所の洗い出しと運用ルール・技術対応の検討

実用化に向けたサービス開発・検証

- 自動走行を**具体的にどうグラハン業務に組み込んでいくか**検討・開発・実証
- ◆ グラハン事業者様協力のもと、実業務内での連携を検証
- ◆ 業務利用ルートで実運用し易く、かつ効果の高いルートを選定
- ◆ 配車管理システムの検討・開発
- ◆ 無人運転システムの検討・開発（弊社テストコース）

- 電光掲示板の利用ルールの検討
- できるだけ業務に即したルート選定の許可
- 自動運転化にむけた共通ルール検討開始（各空港共通の安全基準等の策定含む）
- 関係者への自動運転車両情報の周知
- 管制システム、ランプコントロール等の連携可否の検討
- など

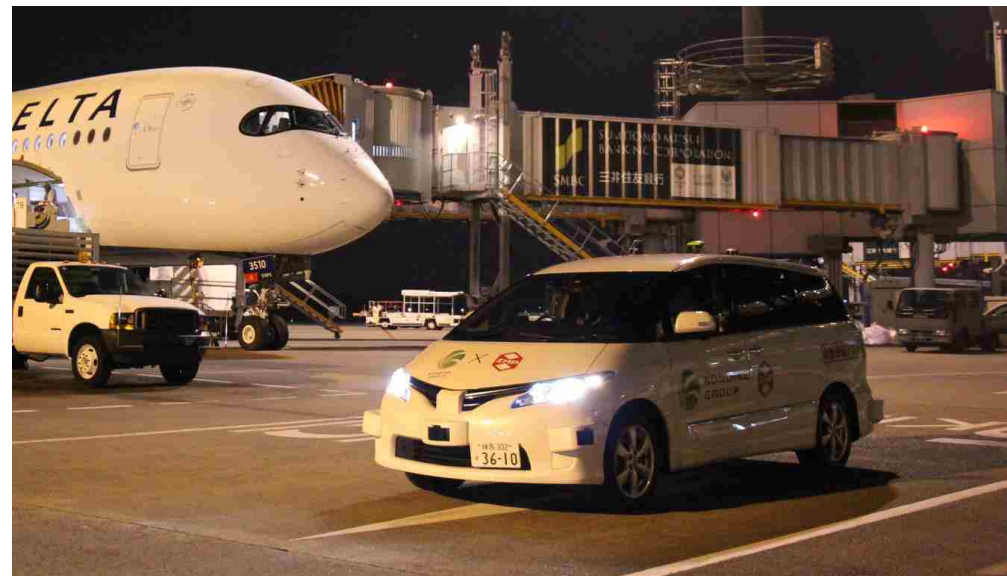
2018年度

公道で実績のある自動運転システムを基に空港向けカスタマイズを追加し、実証実験を実施

- 2018年度実験結果に対するフィードバック

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空港サービス様、スイスポートジャパン様に心よりお礼申し上げます。



空港制限区域内の自動走行にかかる実証実験

実証実験結果報告

**愛知製鋼株式会社 / SBドライブ株式会社 / 先進モビリティ株式会社
全日本空輸株式会社 / 株式会社 NIPPO / 日本電気株式会社**

目次

1. 実証実験概要
2. 実証実験実績
3. 実証実験を受けての要望



chapter

1

実証実験概要

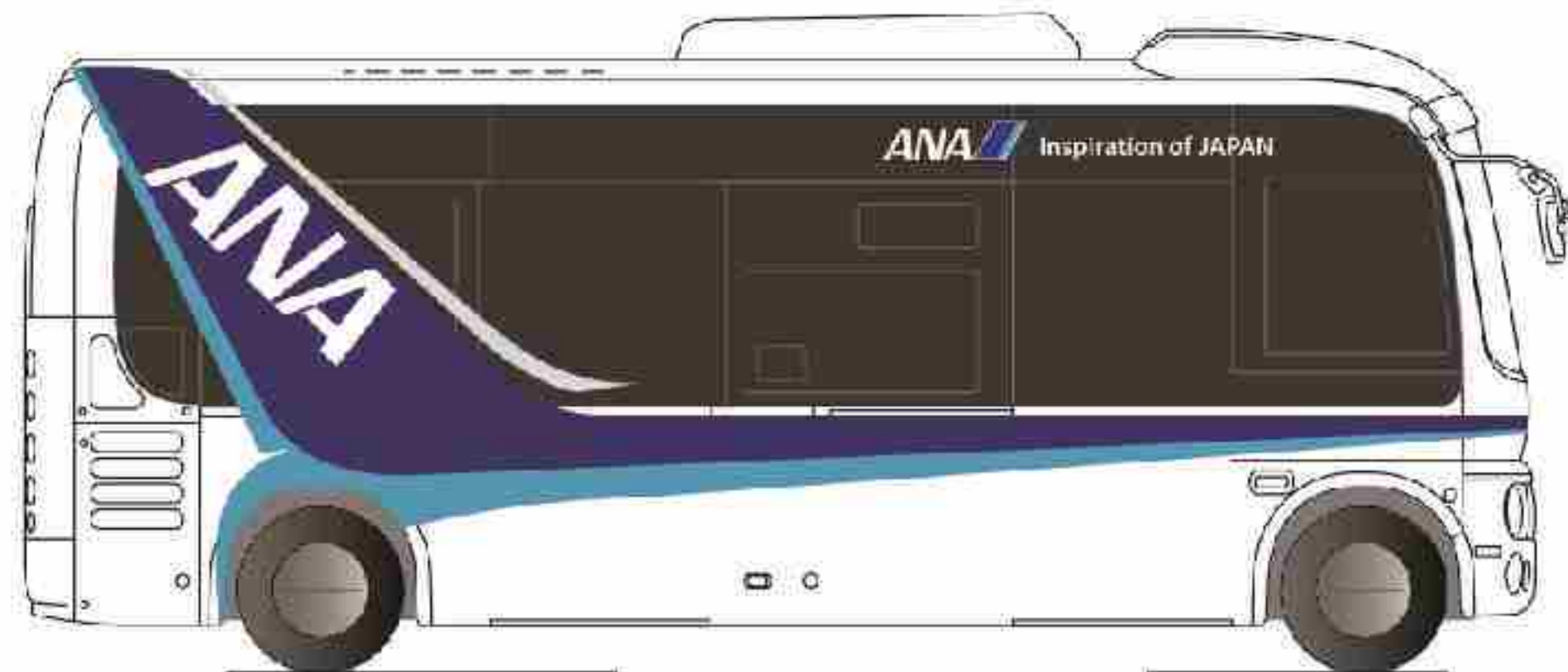
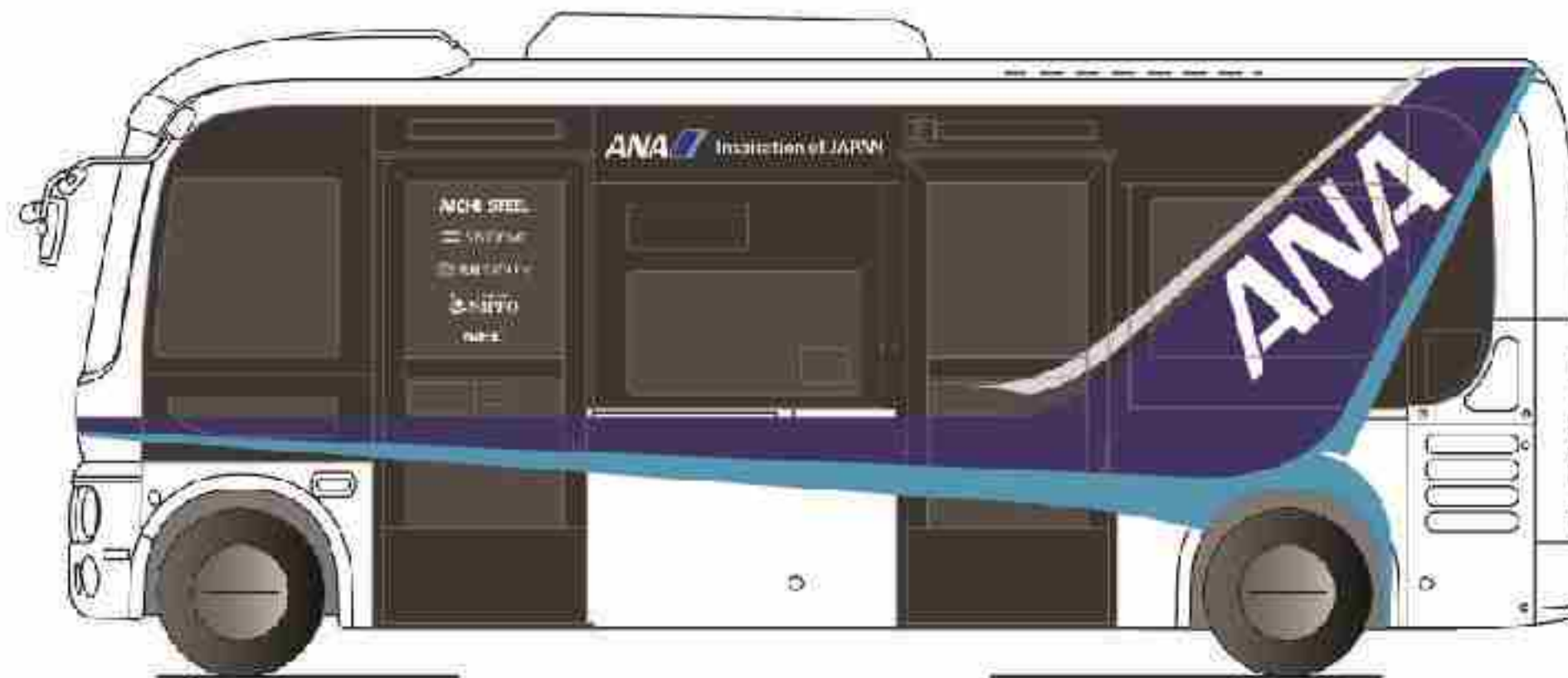
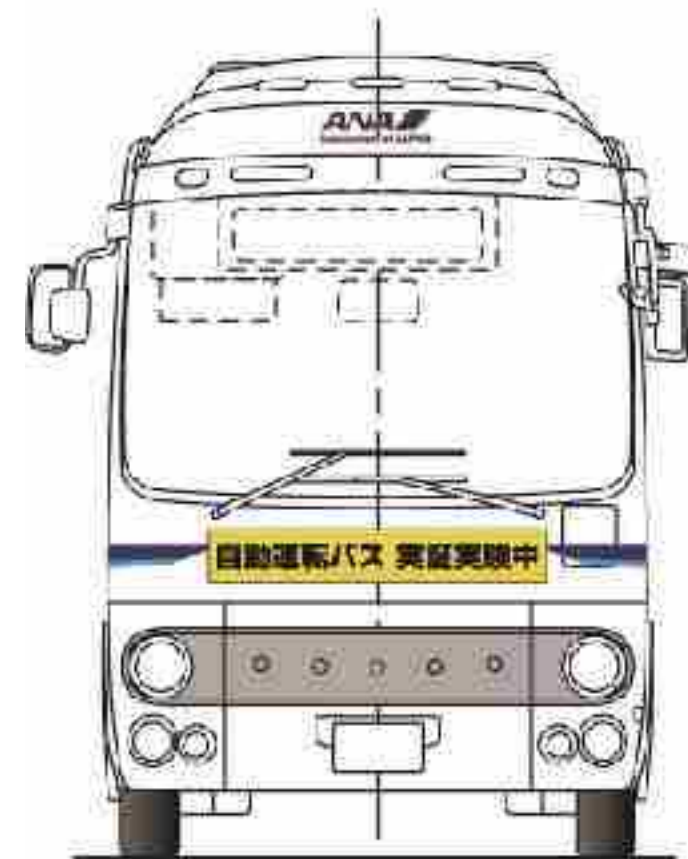


**既存の空港オペレーション業務に対して影響の無いよう運行し、
自動運転バスの本格導入へとつながる試験実験とする**

- 日時：2019年1月15日（火）～25日（金） / 平日のみ
- 会場：羽田空港制限区域内（第二ターミナルーサテライトターミナル間）
- 実施：愛知製鋼株式会社、SBドライブ株式会社、
先進モビリティ株式会社、株式会社 NIPPO、日本電気株式会社（五十音順）
協力：全日本空輸株式会社
事務局：SBドライブ株式会社
- 試乗対象：実証実験実施及び協力会社の関係者
（空港構内事業者様及び一般の方向けのご試乗はございません）
- 使用車両：先進モビリティ改造車両（日野自動車ポンチョ/遠隔監視システムDispatcher搭載）
- 自動運転レベル：自動運転レベル3（ドライバーが車両運転席に着座）

会社	主な役割
愛知製鋼	磁気マーカーの設置、「磁気マーカーシステム」の制御管理
SBドライブ	「Dispatcher」の提供、遠隔から航空機的位置を把握してブラストを回避する検証
先進モビリティ	自動運転バスの提供、自動運転バスの走行に関する技術検証
ANA	関係各所との運用諸調整、ドライバーの派遣、実用化を見据えた課題抽出
NIPPO	磁気マーカーの設置・撤去の施工
NEC	RF-IDセンサの設計・製造

自動運転バス 実証実験中

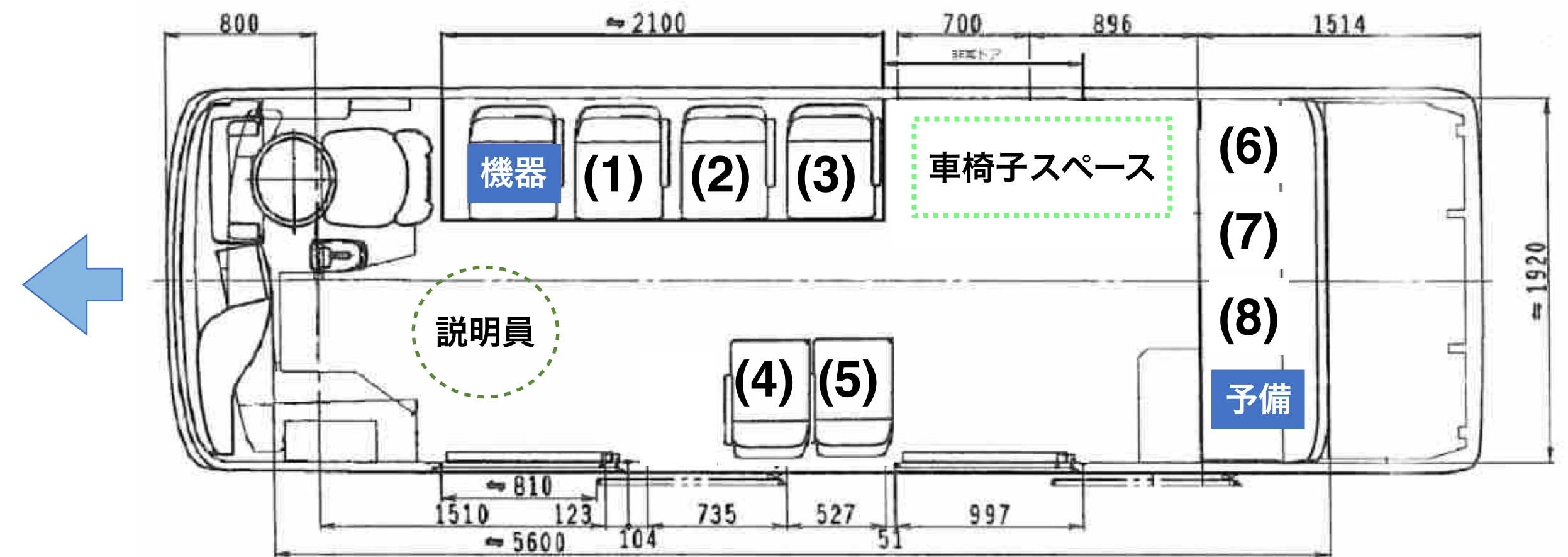


車両諸元



- 車種 : 小型バス「日野ポンチョ」
- 定員 : 28名(乗務員席、立席含む)
- 大きさ : 全長714x全幅225x全高310 (mm)
- 乗降扉数 : 左側側面前後各1枚
- 床高さ : 低床ノンステップ
- 自動運転Lev3時の最高時速 : 最大30km/h
(他実験では40km/hまで自動運転Lev3での走行実績あり)

車内座席配置



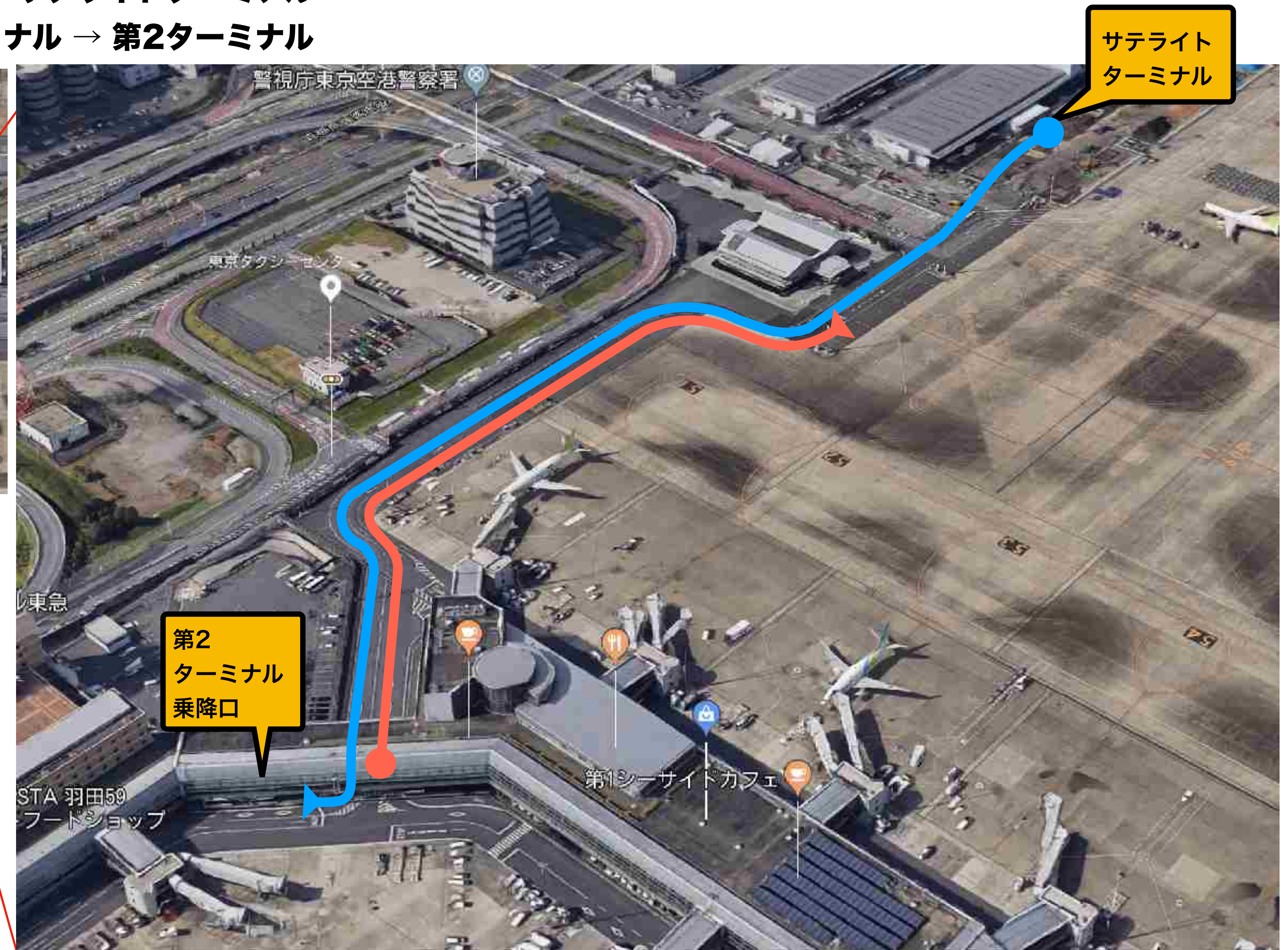
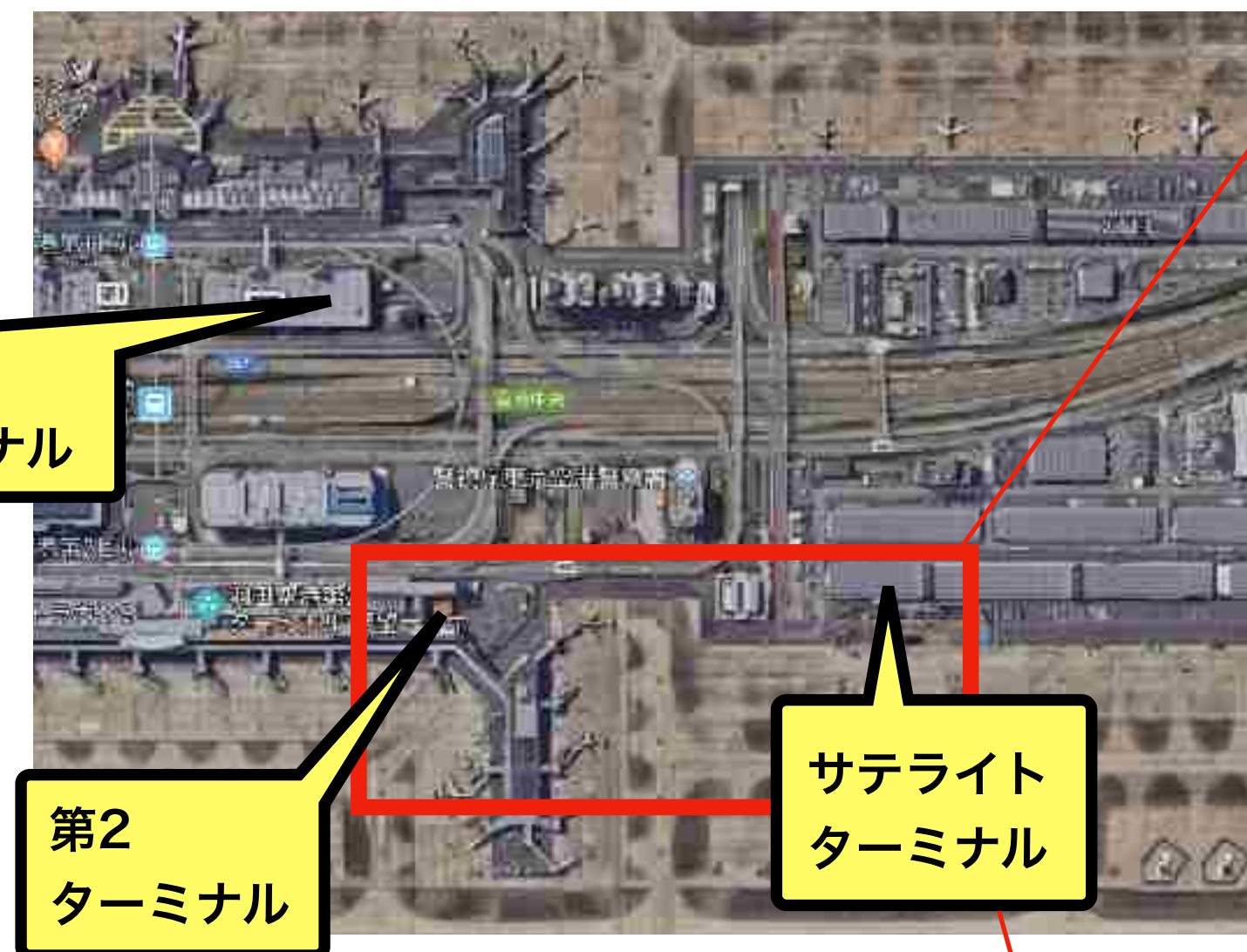
- ・1回の乗車定員：ドライバーを除き8名。
ただし、VIP対応等やむを得ない事案を想定し、予備の座席を設けておりその場合に限りドライバーを除き乗車定員を9名とし運行
- ・基本的に乗客は全員着座とする
- ・乗客への説明員1名は立席対応とする

走行ルート

Eグループ_46

往路（青色）：550m 第2ターミナル → サテライトターミナル

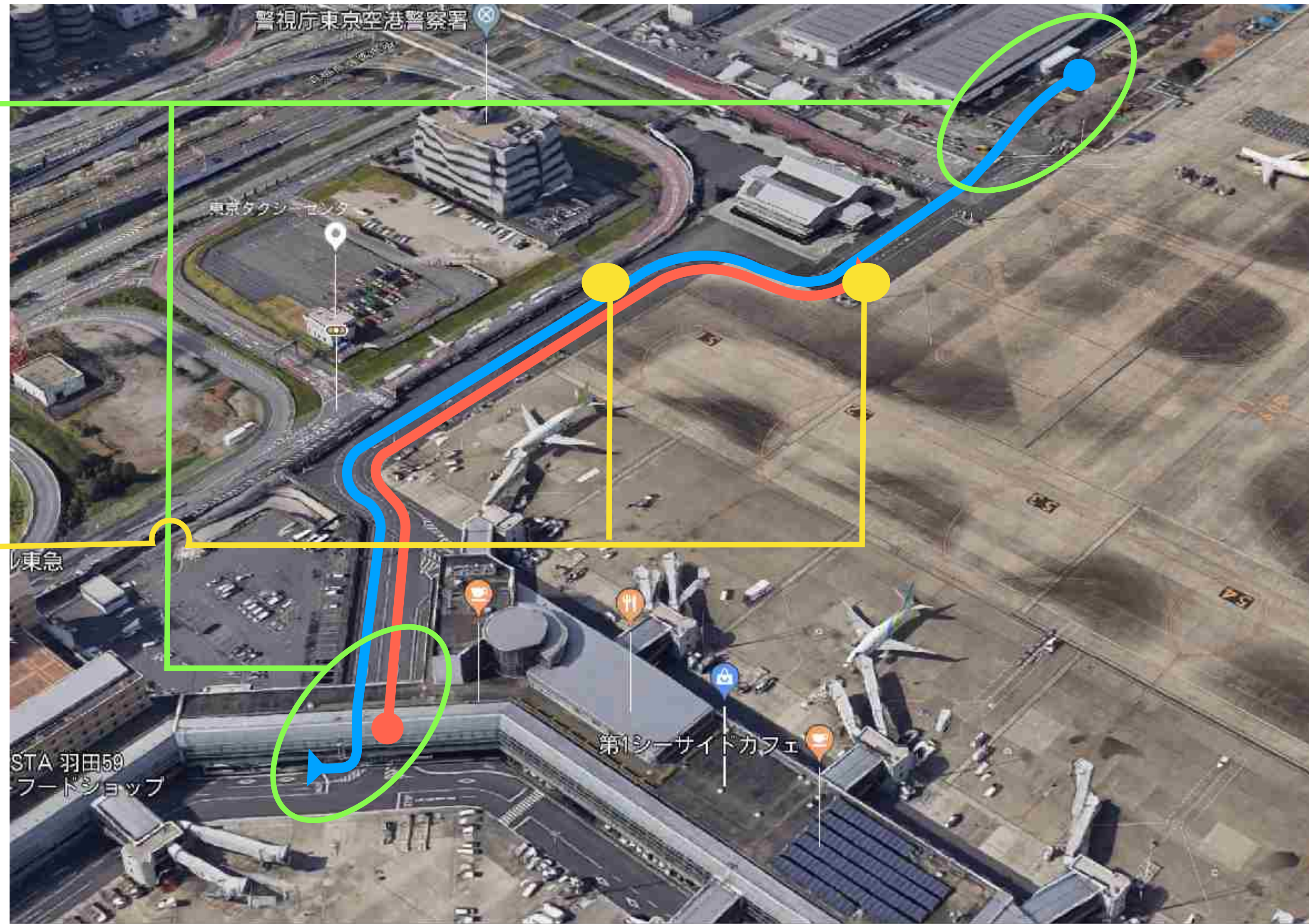
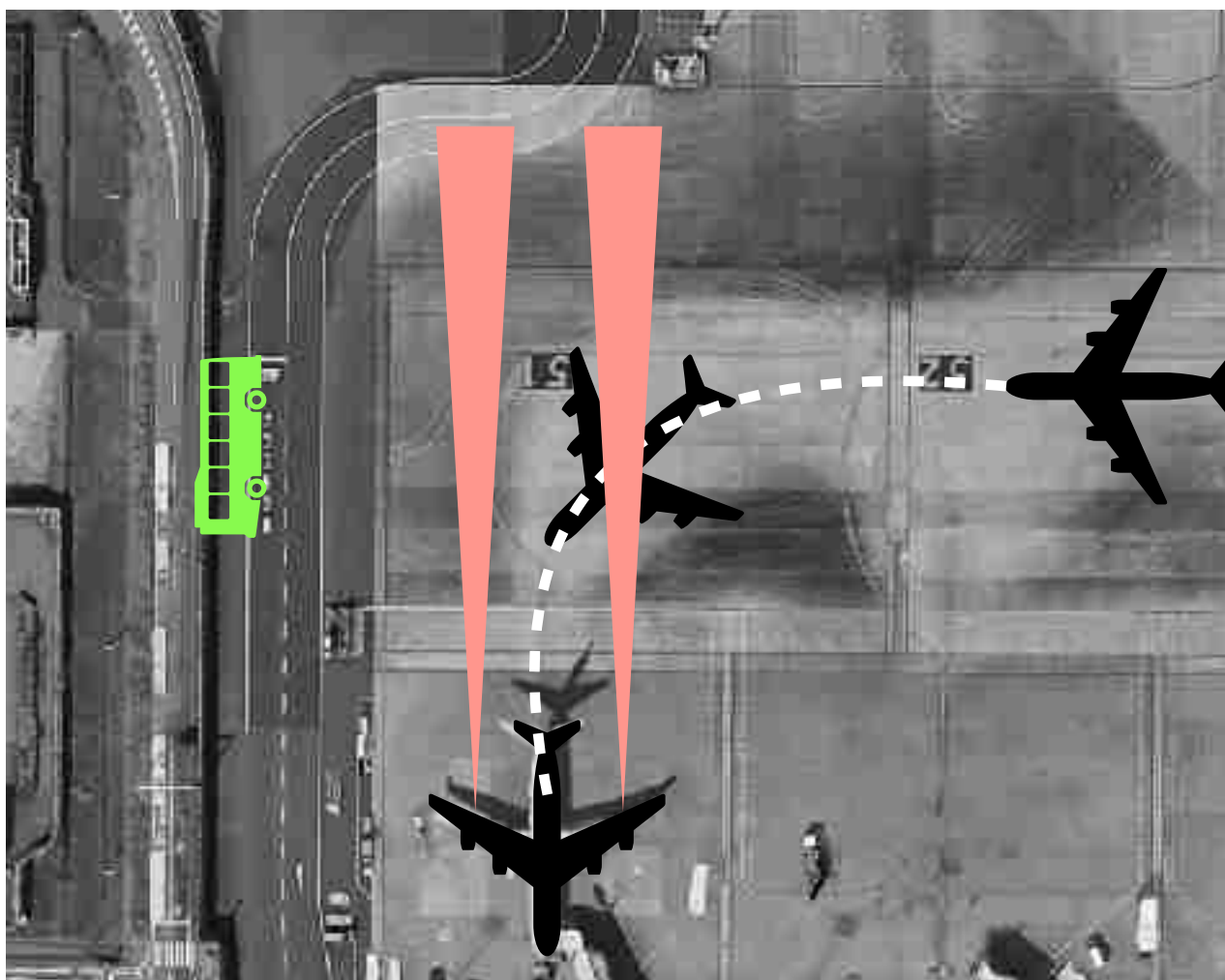
復路（赤色）：350m サテライトターミナル → 第2ターミナル



1、GPSが遮蔽される環境での走行



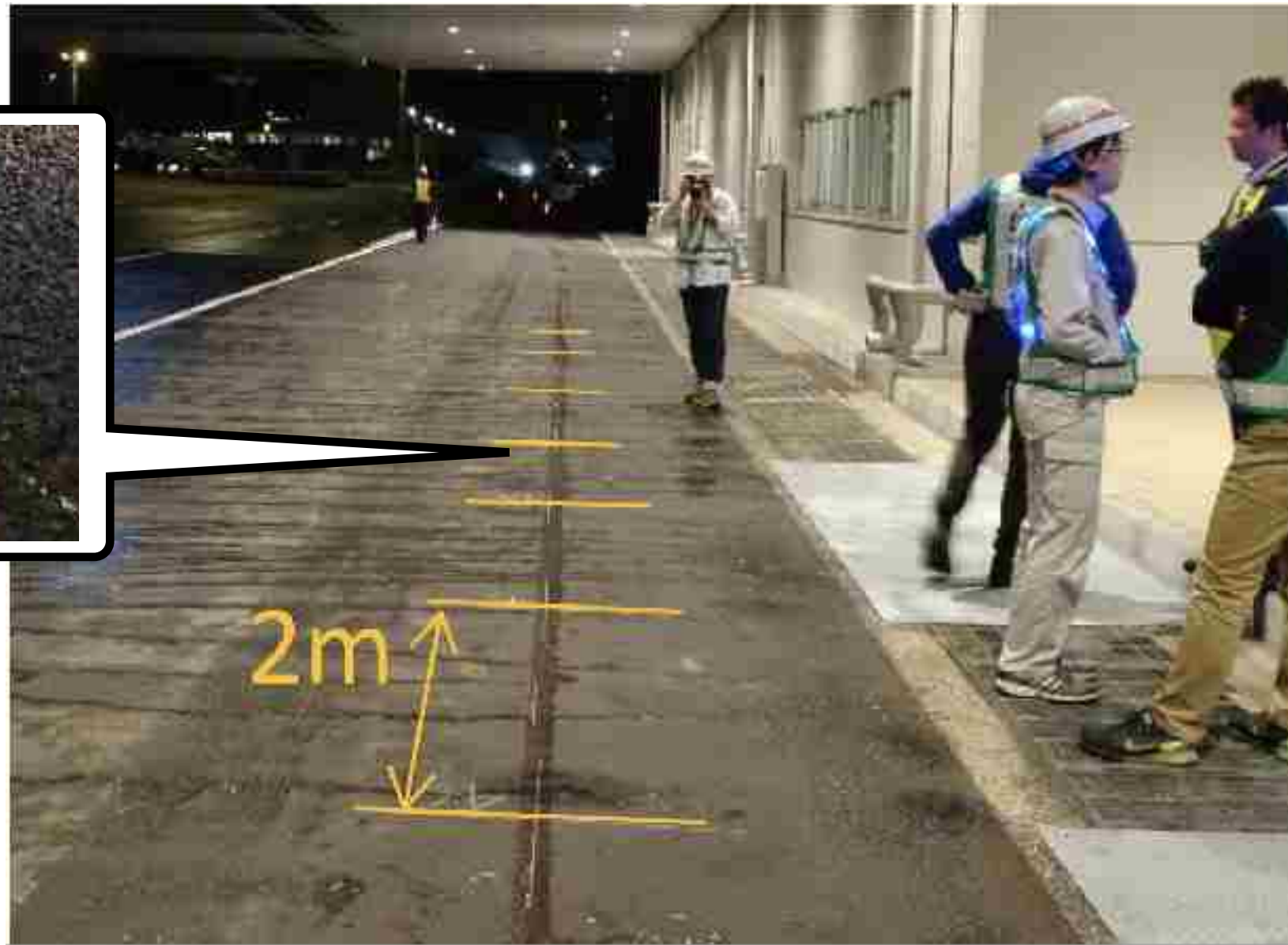
2、航空機のブラスト対策



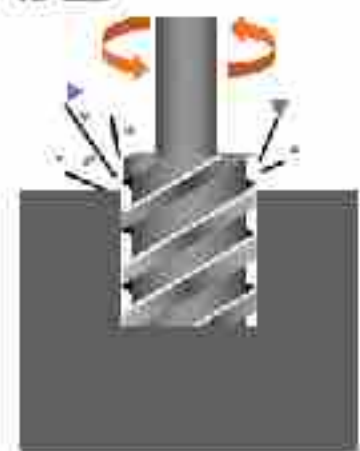
1、GPSが遮断される環境での走行

Eグループ_48

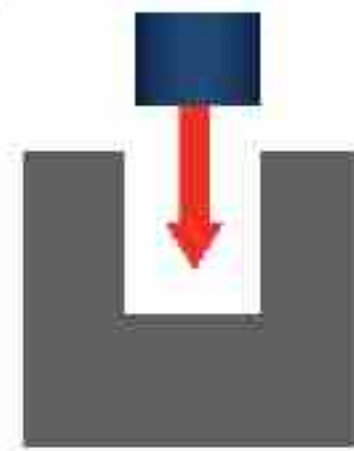
始点と終点のGPSが遮断される場所に磁気マーカを2m間隔で埋設し、その軌跡を走行。
走行軌跡の曲率の厳しいところでは、1m間隔で埋設。



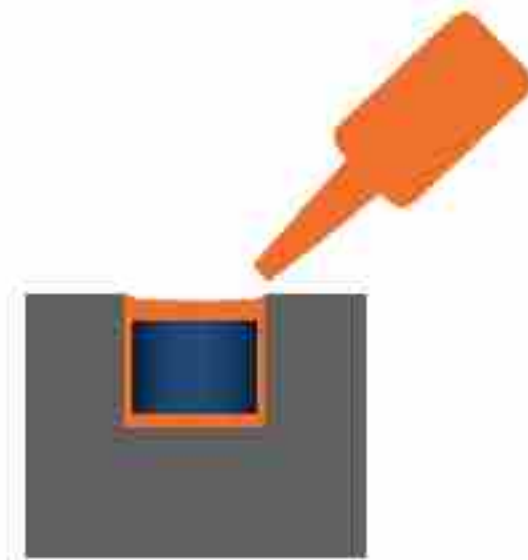
施工プロセス



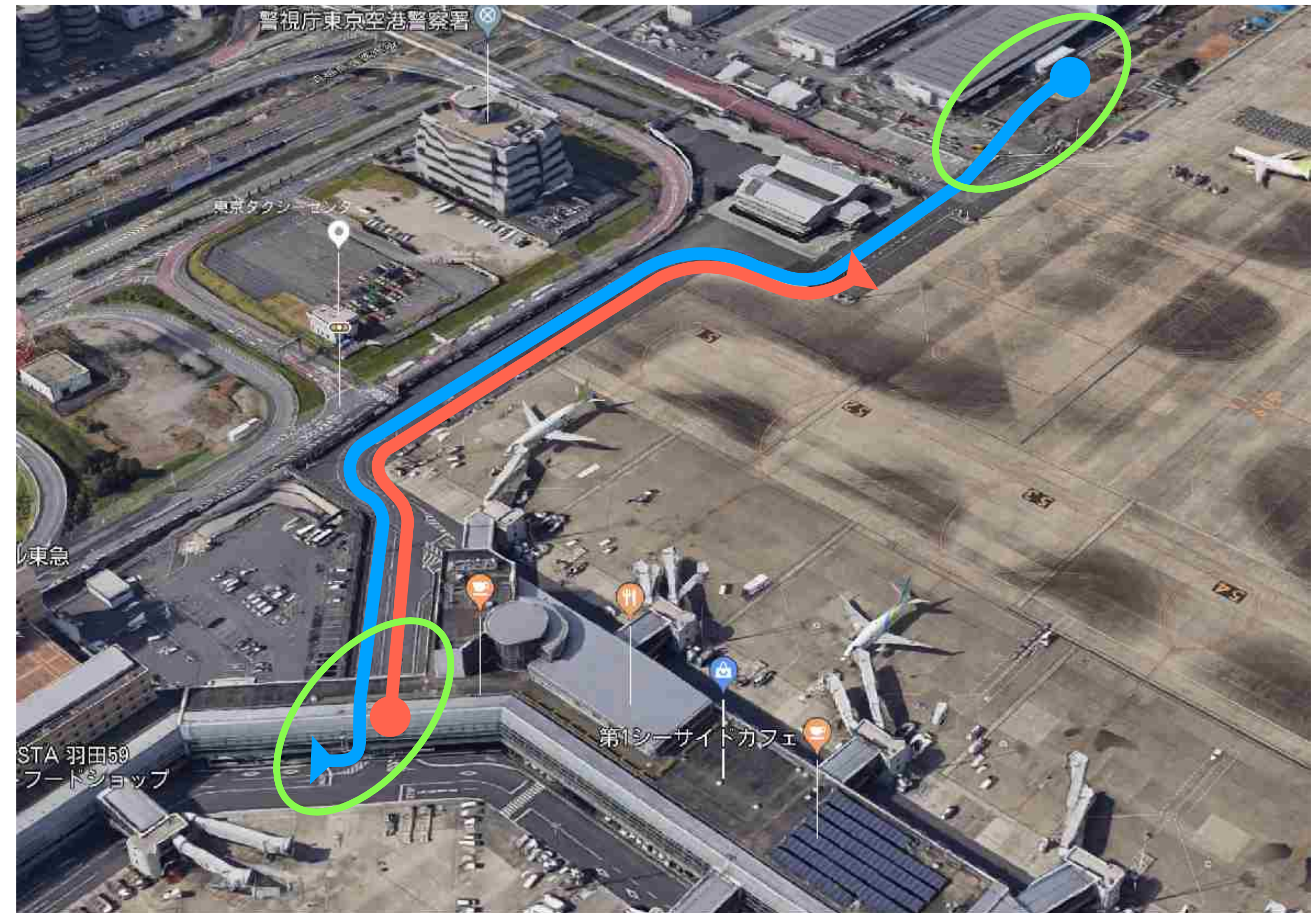
①穴開け



②マーカ挿入



③隙間樹脂充填



画像@2018Google、地図データ@2018Google、ZENRIN 日本

2、航空機のブラスト対策

将来の無人運転を想定し、ブラスト停止線では停止した車両に対する再発車の操作を遠隔監視者が実施

ブラスト停止線で車両を
停止させる
(自動運転設定)

停車

遠隔監視者が
映像をもとに「Go」「No Go」
を判断

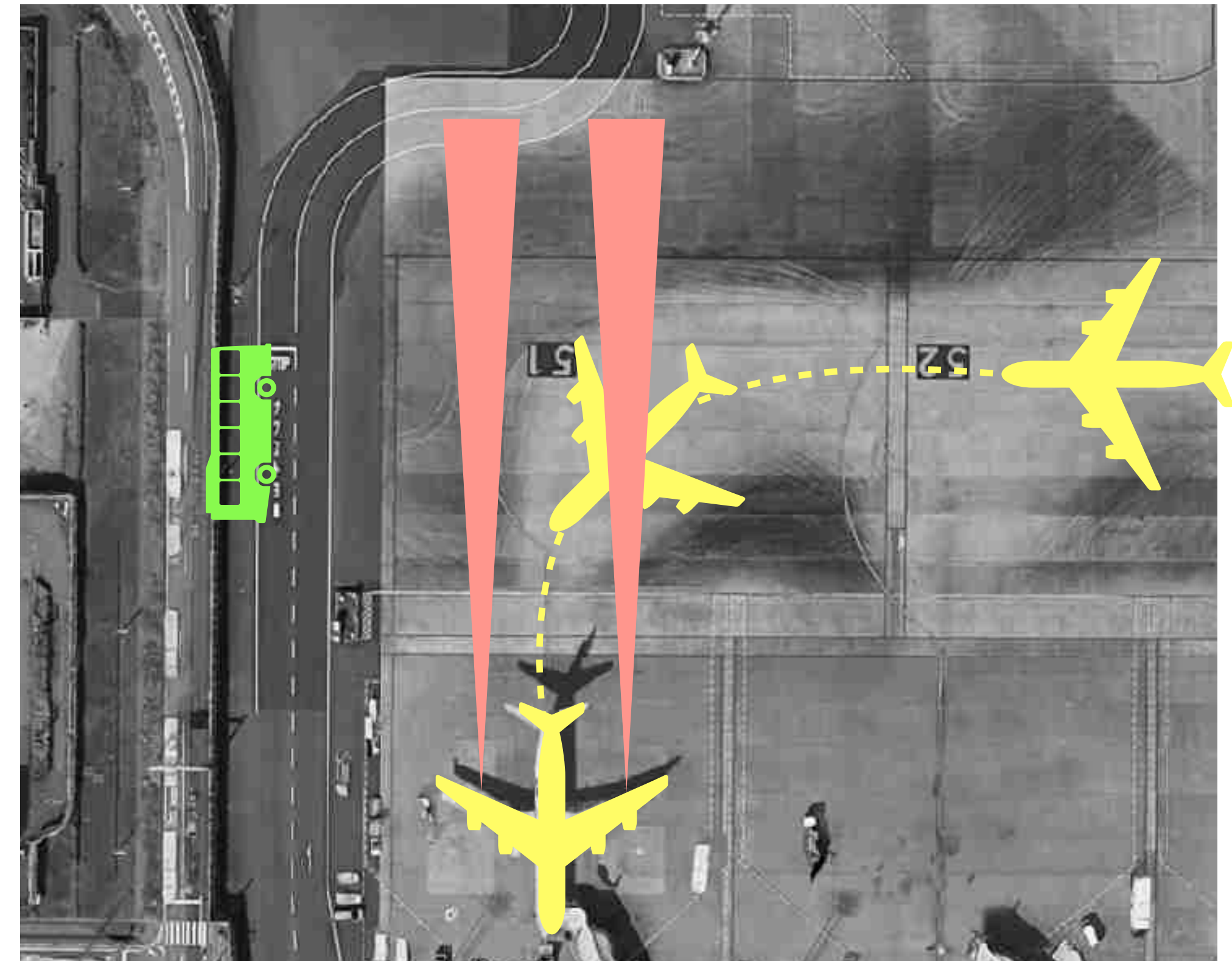
安全確認



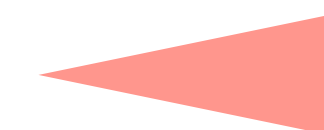
<Goの場合>
Dispatcher上の発車ボタン押下し
車両を出発させる

発車

<No Goの場合>
ブラストがなくなるまで待機



画像@2018Google、地図データ@2018Google、ZENRIN 日本



ブラスト影響範囲



飛行機経路

chapter

2

実証実験実績



実証実験の様子



Eグループ_51

実証実験の動画
(別途)

試乗客数：110人

走行距離：34.2km

乗客のいない状況での走行は52.8km、内オーバーライドは60m

	1月15日	16日	17日	18日	21日	22日 (プレス)	23日	24日	25日	合計
走行回数 [往復]	4	4	4	4	4	6	4	4	4	38
走行距離 [km]	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	5.4	3.6	3.6	3.6	34.2
乗車人数 [人]	15	14	5	13	15	0	16	16	16	110

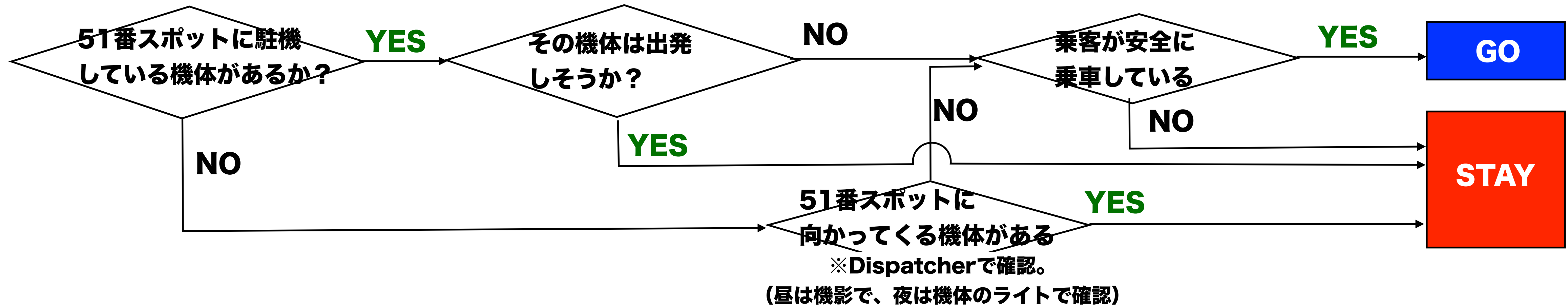
※往復900m（往路:550m、復路:350m）
※乗車人数に実証実験運営者は含みません

34.2kmを走行し、2回オーバーライドが発生

	①
日時	2019年1月17日、13時便
発生場所	自動運転開始直後の左折
発生事象	車両の右フロントが、想定以上に構造物（柱）に接近した
走行速度	約 7 km/h
対処	ドライバーがステアリングをオーバーライド
要因	GPS精度低下及び磁気マーカ検出範囲外による自己位置推定精度の低下



	②
日時	2019年1月18日、14時便
発生場所	サテライトターミナルへの最終アプローチ開始時
発生事象	右急操舵が発生
走行速度	約 13 km/h
対処	ドライバーが 急ブレーキ および ステアリングをオーバーライド（急ブレーキにより座席よりずり落ちた方がいた。）
要因	処理プログラム起因による操舵指令値不正



<往路>



<復路>



<夜間の視認性>

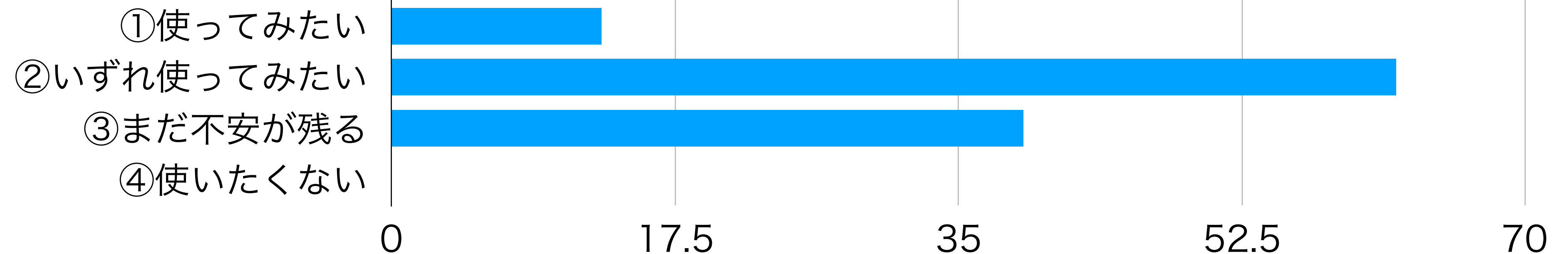
51番スポット駐機の確認：空港内の照明が十分に明るいため、機体を確認することは可能

周辺から駐機場に向かってくる機体：夜は機体のライトで確認することが可能

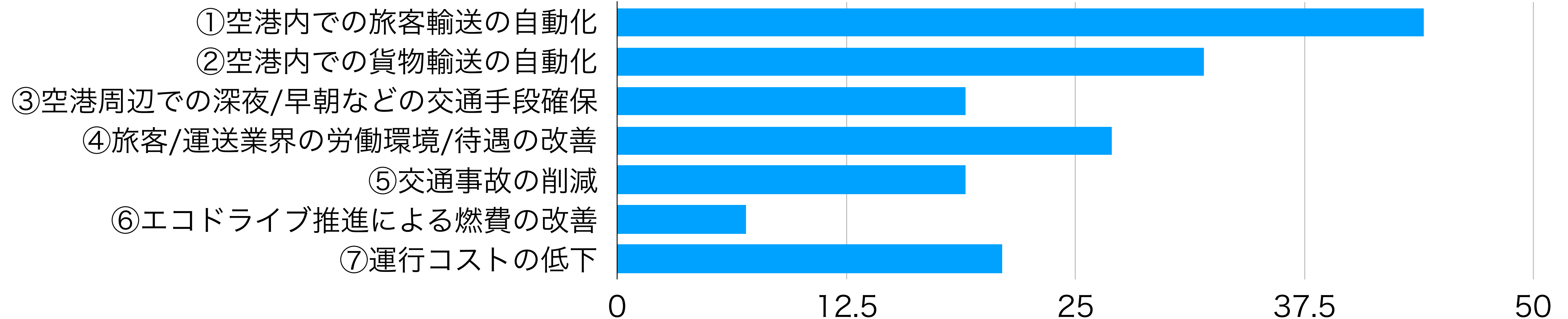


実用化を望む声が多く、また空港内での使用に関して、積極的な導入を望む声が多いことが確認された

Q：この自動運転バスなら、実際に生活で使ってみたいと思いませんか？



Q：自動運転を使用する場合どのようなシーンを希望しますか？(複数回答可)



**概ねポジティブなご意見区実証実験が有意義なものであったことが確認された。
改善に関するご意見は具体的なものが多く、今後の実用化に向けて取り組む点が明確になった。**

ポジティブなご意見

- ・ 労働人口が減少傾向にある中、早急な実装を望んでおります。
- ・ 2019年中の実装導入をおねがいしたく、開発に期待しています。
- ・ 安全性をしっかり追及して下さい。
- ・ 大型バスへの自動運転技術の採用の早期実現に期待します。
- ・ ゆくゆくは地域交通の確保に適用してほしいです。そのために空港が役立つと素晴らしいと思います。

改善に関するご意見

- ・ 課題はあると思うが、想像以上に安全安心できるものだった。
- ・ 加速度が不足しているように感じた。また、停止の際の車内のゆれが大きく感じた。
- ・ オーバードライブが発生しないような改善が必要と感じた。
- ・ 空港内のT字路帯で現在はある程度待つと相手が譲っていただける等あうんの呼吸があったりするのですが、そういう部分の対応が非常に気になりました。

- ・ **既存の他車両の流れを阻害することなく、周囲の車両と同じリズムで運行することができていない。**

今回の自動運転車両のセッティングは、現段階の車両の実力と応募者側が安全だと想定する速度・加速度にてセッティングを行った。既存車両は自動運転車両とは異なる流れで動いているため、手動・自動運転間の相対的な運転の差異が大きくなっている。



対策として、「①手動運転側に自動運転の運転を受け入れるよう要請する」と、「②自動運転側を可能な限り手動運転に近づける」という方策がある。①を優先しすぎると、既存交通への負荷が高まり自動運転の導入自体が上手くいかないリスクや、自動運転自体が対応しきれないというリスクがある。一方で、②を優先させると自動運転の車両に対する要望が厳しくなり、車両自体の安全性が損なわれるリスクがある。このことから手動・自動双方が歩み寄る必要があるが、良い落としどころが見つけられていないのが現場である。今後例えば、既存の車両の走行にかかるデータ（走行軌跡・加速度・速度等）を取得して、全体の交通の流れをまずは見える化すること等が必要だと考える。上記のことをまとめた必要最低限の基本方針を策定し早期に運用に落とし込むことが必要だと考える。

- ・ **GPSの受信感度が悪い場所での自己位置推定技術の精度向上・多重化ができていない。**

空港はPBBや建屋の底があり、想定よりGPSの受信感度が悪かった。事前に測定して、GPSが弱い場所については磁気マーカーを埋設したが、単一の自己位置推定技術だと信頼性が低い。



対策：空港は特にGPS以外のシステムを使う頻度が高いが、その場合も多重系の自己位置推定技術を使った走行するよう対応を進める。それぞれの自己位置推定技術の精度を高くするのみならず、GPSだけの区間、磁気マーカーだけの区間という場所が発生しないよう多重化を進める必要がある。

- ・遠隔監視業務の中でブラスト監視業務の負荷が高い。

公道では発生しない空港特有の業務だった。

遠方にある航空機を目視で判断することは難しさもあり、責任も重い割に単純作業である。

通年で行なった場合、単調な作業なので見逃しがある可能性もある。



常に監視するのではなく、何かあった際に確認するような仕組みにしたい。

例えば、航空機がスポットにおらず、また近づいていないことが管制塔からの情報等でわかればその時は自動で判断し、遠隔者による判断が必要ないとする等。

何らか航空機の状態と連携することで効率的な遠隔監視ができると感じた。

- ・遠隔監視用のデータや映像の送受信について容量が膨大になる、または遅延が生じる。

ブラスト確認地点では、遠方の航空機の状態を確認する必要があったため、通常より解像度を高めていた。

そのため、通信容量が増大する、もしくは通信が遅延するということがあった。



今後のスムーズな運用のためにも、設備側にカメラを取り付けて有線接続にてデータをやり取りする必要がある。

- ・通過するブラスト停止線の数が増大すると、バスに取り付けるカメラの個数が増大する。

ブラスト確認地点では、バスの近くが見えるカメラのみでは不十分で、接近する機体を確認するため特定の遠方を見る必要がある。

経路とブラスト停止線的位置によって見るべき方向は変わる。そのため、ブラスト停止線ごとに異なるカメラが必要になり、通過するブラスト停止線ごとにカメラが必要になる。



建屋側にカメラを取り付け共有することで、自動運転バス側の装置の負荷を下げて、自動運転車両が自由度高く走行できるようになる

施設側に取り付けた場合の映像イメージ
(別途)

- ・ **磁気マーカーは今後インフラという整備になるのか、各事業者の持ち物になるのかが整理されていない。**

埋設工事・運用・撤去を誰がするのが曖昧だと、実運用時に混乱する可能性がある。

磁気マーカーについて、工事という側面では公道での工事から変化点なかった。

一方で、書類の手続きについては、今回は仮置きで許可が下りたため、実運用時にどのような整理になりか明確になっていない。

今後は、磁気マーカーの位置付けを明確にするとともに、所有権・使用权を整理し実運用時に然るべき運用がなされるように整理していく必要を感じた。

なお、一般公道では、実証実験時に埋設した磁気マーカーは撤去していない。舗装の一部（道路附属物）として、道路管理者が一時的に保有するという整理にしている。

- ・ **無人運転に向けてドライバーがいない状況での走行等、公道に先駆けて規定を整備する必要性を感じた。**

アンケートにもみられたように、空港内という特殊な環境を生かして自動運転の導入をどこよりも早く望む声もあった。

高齢者や子供がおらず就業者しかいない環境ということもあり、安全を担保しやすい環境にあると思う。

現在の空港安全管理規定は、公道に準じている部分があるので先行して空港が取り組めるような規制の枠組みがあると機動的に動いてより早く空港での実用化に結びつくと感じた。

chapter

3

実証実験を受けての要望



規制に関する要望

1・羽田空港以外で自動運転車両を走行させる際の簡易申請

今後様々な空港で自動運転の導入の可能性があるが、その際例えば羽田空港にて走行実績のある車両については、他空港での走行に関する申請が簡易的になる等の軽減措置があると自動運転が普及しやすくなると考える。もちろん空港ごとに個別対応が必要なところもあるかと考えるが、基本的な部分の申請について必要申請のフォーマットがあると事業者として調整コストが下がり、大変助かる。

2・自動運転のための各インフラについて採用方式について方針の取り決め

現状、自動運転事業者毎に様々な要素技術を使用しているため、全てに対応すると空港インフラ側に負荷がかかることから現実的ではないのでは。

例えば、埋設物一つをとっても、羽田で使った磁気マーカー、仙台空港で他社が使った磁気マーカー、電磁誘導線タイプ等々種類が多数。

公募等で採用された技術を標準インフラとし、それに車両側が適合する形式はどうか。

各事業者が共有の資産としてそれを使用することで、自動運転の導入が加速するのではないか。

3・自動運転のためのインフラについての制度設計

磁気マーカーやカメラについてその所有者を明確にし、使用者に対する貸与のプロセス等を設計する必要性がある。

また、インフラを管理するための枠組みやメンテナンスをどのように誰がするかについて、定めることでインフラを活用した自動運転が普及すると考える。

4・工事情報等の共有

今後の長期実証に入った際に、公道に比べ工事等の情報が得られやすいのでは。

事前の工事申請等があるかと思いますが、自動運転事業者に対しても共有があると運行が計画的に行えると考えます。

施設・設備に関する要望

1・ブラスト確認での安全確認のための航空機の稼働状況のデータの連携（位置情報・エンジン状態）

今回は車両側にカメラを取り付けてブラストの確認を行った。

映像での確認には限界があることから、航空機の状態をより正確に判断するための直接的な情報（管制塔からの情報等）の共有が必要だと感じた。

ブラスト確認時も、航空機の位置のみならずエンジンの状態によって判断する等ができれば、車両がより細かな制御を行う可能性が広がる。

航空機との直接的なやりとりが難しい場合は、信号機等の導入を代替手段としてはどうか。

2・ブラスト確認のためのカメラの施設・道路側の設置

今回バスにカメラをつけたが、バスからの機体の確認が難しく、映像に遅延があったり通信容量が膨大になるということがわかった。

また、複数のブラスト停止線をまたぐ場合は、ブラスト停止線ごとのカメラが必要だった。

遅延なくより確実に、そして車両に搭載するカメラの個数をより現実的にするためには、施設や道路側にカメラを取り付ける必要性があった。

3・路車連携システムの構築（出会い頭等の死角からの飛び出し対策（路上側センサ））

手動運転との混在状況下で自動運転を導入しなければならない場合、死角になりやすいポイントや頻繁に事故が発生するポイントでは、道路側にセンサをつけることでより安全に走行できると考える。

4・他のGSE車両との連携（位置情報のデータの連携、（手動車両への）自動運転車の接近表示・通知など）

他車両がどのように動いているかが見える化できると、自動運転車両に対する移動指示や運行指示をより効率的に出せる

公道では難しいが、空港では台数が限られているため、自動運転の情報をすべての手動運転車両に提供し、自動運転車両の動き・情報が見える化することが可能ではないか

例）事前に位置情報を把握することで、リムジンバス様のと常時運行間隔を調整

次回2020年の実証実験に向けての要望

1・空港における自動運転の位置付けに関するガイドライン作成委員会の発足

現状の手動運転の交通の中に自動運転が入り運用されるには、自動運転がどのような存在として、受け入れられるべきかを定義する必要がある。

「①手動運転側が自動運転を受け入れるために既存の運用を変更する」と「②自動運転が可能な限り手動運転に合わせる」が考えられるが、①と②の折り合いをどのように付けて、どのように自動運転を運用するかについてのガイドラインの策定をするため、関係するステークホルダーにて委員会形式で検討を進めたい。

2・公道に先行して空港で自動運転を普及させるための規制緩和委員会の発足

公道では自動運転を無人で走行させるにはジュネーブ条約の改正等の必要がある。また高齢者や子供等もあり様々な環境が想定される。空港は就業者の方のみがいる得意な環境であり、自動運転の導入をどこよりも早くできるポテンシャルを有している。どのように現状の規制を解釈すれば無人運転を含めた自動運転が機動的に導入できるかを委員会形式で検討していきたい。

3・周辺車両の走行に関する定量データの取得

自動運転車両を周辺車両の走行にどの程度合わせる必要があるのか、また現状どの程度加速度や減速度に違いがあるのかを見える化するため、複数の空港運行車両に加速度センサやGPS等を取り付け、定量データを取得したい。

これにより、自動運転と手動運転の運転の違いに関するギャップを少しでも解消し、双方の運転にかかる相対的差異を是正したい。

4・施設側に取り付けたカメラと連携し遠隔監視の実験を行いたい

今回は、車両に取り付けたカメラでしか実験を行えていない。

施設側に取り付けた場合、どのような結果が得られ、どのような課題があるのかを早期に洗い出したい。

5・磁気マーカ等についてインフラについて、国・空港の所有となるような運用を実施いただきたい

磁気マーカ等のインフラについて、今回は応募者側が準備するような形式だったが、インフラにかかる制度の早期設計を目指すため、国がインフラを所有した場合の課題について早期に洗い出し、将来にわたってどの部分を事業者側が負担しないといけないのか、メンテナンスはどのような体制で行う必要があるのかについて課題を整理したい。

EOF

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

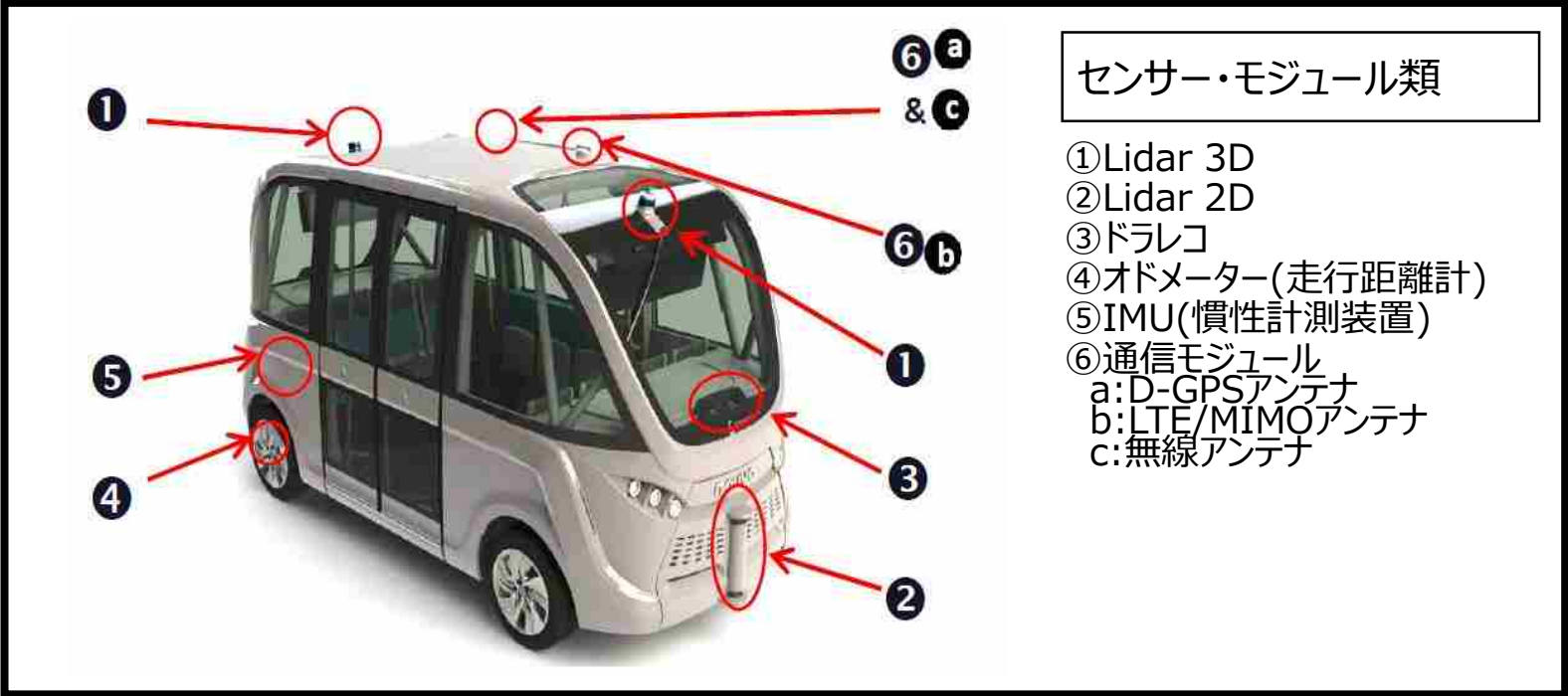
SBDライブ株式会社
日本航空株式会社

1. 実験車両概要



実験車両の概要

NAVYA（仏）製 ARMA : ハンドル等のない電気自動運転車（車両自律型）



全長[m]	4,75
全幅[m]	2,11
全高[m]	2,65
最低地上高[m]	0,20
タイヤ	215/60 R17
車両重量[kg]	2400
車両総重量[kg]	3450

センサー等の概要

- ・カメラ（ドライブレコーダー用） 前後1基
- ・LiDAR 計6基
 - 前面及び後面：Lidar 3D 1個、Lidar 2D 1個
 - 両側面：Lidar 2D 1個

2. 実証実験結果



実証実験概要

実施日時	・ 1月30日（水）～2月6日（水） 午前0時～午前4時（2月2日、3日は除く）：マッピング作業及び定性項目の検証実施。 ・ 2月7日（木）～8日（金） 午前10時～午後4時及び2月19日（火） 午前10時～午後5時：リハーサル及び定性・定量項目の検証。試乗者は載せない。 ・ 2月20日（水）～22日（金） 午前10時～午後5時：試乗会及び定量項目の検証。
実施場所	羽田空港
走行ルート	・ 第1ターミナル （片道約1.8km）
備考	スタート地点およびゴール地点で自動運転による転回を予定していたが、スペースの都合上、手動対応となった。



実証実験結果（走行実績）

リハーサルを含む総走行距離

134.03 km

※以下の理由により総走行距離と分析対象データの走行実績の母数に差があります

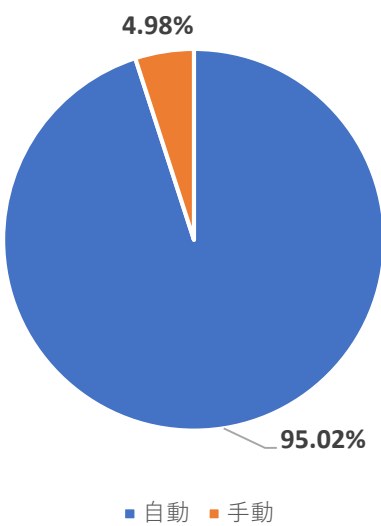
- 1. 2/20 はシステム障害によりデータ欠損
- 2. 不正/不要なデータ等を除去

遠隔監視システムによる走行実績統計 ※ 2/19 のリハーサルも評価対象とする

計測対象の走行距離

83.99 km

自動走行割合

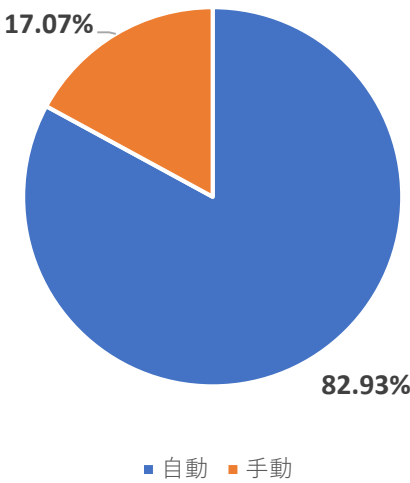


計測対象の走行時間

7.92 時間

※バス停等での停止/待機時間は含まない

走行時間



実証実験結果（GNSS 関連エラーのヒートマップ）

【傾向と考察】

1. 搭乗橋の下

Spot 8 から空港事務所向かうエリアは搭乗橋が多く GNSS による測位精度が低下しやすい。
自己位置推定指標(次スライド)が十分でない場合に停止することがあった

2. Spot 37 付近、空港事務所前

Spot 37 付近、空港事務所前で GNSS に関するエラーが局所的に多発した。
周囲に遮蔽物もなく、原因は不明だが、可能性として他電波の干渉なども考えられる。

3. 往路と復路の比較

搭乗橋が多いターミナル付近の発生頻度は往復では大きな差はなかった。空港事務所前など往路でのみエラーが多発している場所に関して、他電波の干渉であれば電波干渉エリアが往路車線のみピンポイントで発生している可能性が考えられる。



実証実験結果（自己位置推定に関するエラーのヒートマップと自己位置推定指標）



1. 発着地点

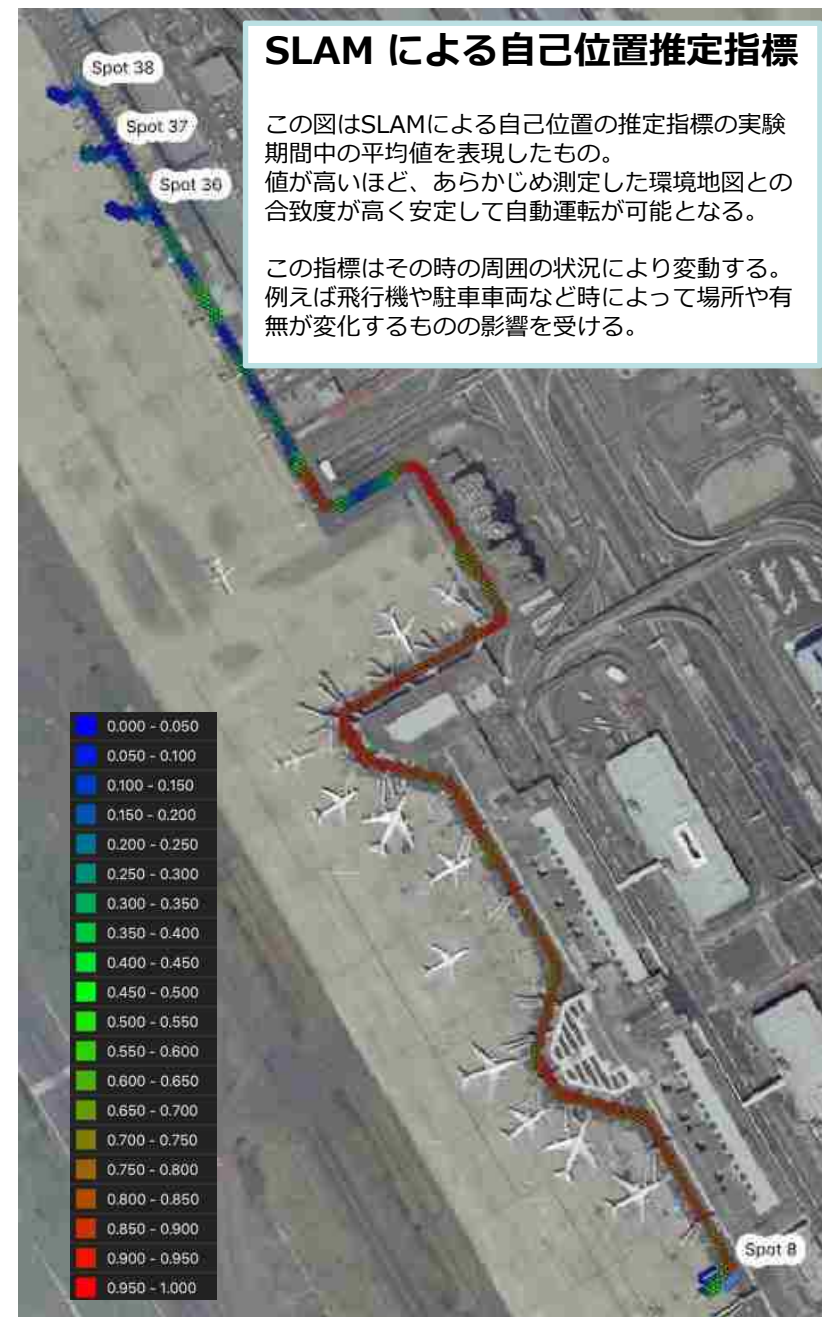
Spot 8, Spot 36 - 38 付近は周辺に地物が少なく、自己位置推定指標が非常に低くなり、エラーが発生しやすい。

2. 自己位置推定指標の分布の特徴

ターミナルや空港事務所など構造物が多く、その付近では自己位置推定指標が高い水準を維持しやすいが、滑走路や駐機場は構造物が少なく、極端に指標が下がる。

3. 往路と復路の比較

往路は滑走路側を走行するので復路と比較して構造物から距離があり、そのためエラーが発生しやすいと考えられる。



実証実験結果(エラーによる停止の分布)

【傾向と考察】

1. 搭乗橋の下

GNSS による測位ができない場所については SLAM で走行するが、駐車車両等による一時的な自己位置推定精度の低下などが起こると停止がおこりやすい。

2. 空港事務所前

飛行機の駐機による自己位置推定精度の低下が起こりやすい場所と考えられる。

3. GNSS 依存箇所

空港事務所より北西側は構造物が少なく GNSS に強く依存して走行する。そのため何らかの原因で GNSS の測位精度が下がると停止を招く。

4. 往路と復路の比較

基本的には往復で同様の箇所に停止が発生しており、空港事務所前で往路の停止が多いのは GNSS エラーに比例している。また、一時停止は復路にしか存在しない。



自動走行に係る技術的課題

車両・人物の検知

- ・実証実験中、車両及び従業員の誤検知は一度も発生しなかった。

航空機の検知、ブラスト把握

- ・実証実験中、航空機の誤検知は一度も発生しなかった。基本的に自動運転車両の走行ルート上に航空機が通らない限り問題は生じない。
- ・今回の走行ルートにはブラスト停止線がなかったため特段の対策はとらなかったものの、ブラストを検知して車両停止することはできない。

GPS(GNSS)測位精度

- ・実証実験中、搭乗口ゲートの下にてGNSS途絶が要因である車両停止が複数回発生した。
- ・現時点でARMAには機能搭載されていないものの、カメラによる高性能な構造物検知が実施できれば、GNSSが途絶するエリアにおいても円滑な走行が実現すると思われる。

その他

- ・エラーによる停止からの復帰はオペレーターによる操作が現状では必要であり、今後、遠隔でエラー解消できるシステムの開発が必要。
- ・障害物を認識して安全に停止することはできるが、後方/前方を確認しながら障害物を回避する機能がない。

解決策1: 迂回路も含めて経路を作成しておき、工事などの通行止めなどの際に迂回路を使用する

解決策2: 周辺の安全を確認して回避する機能の開発・遠隔監視の課題

課題1: 遠隔での行き先指定および発車、停車機能が必要(現在、SBD内で開発中)

課題2: 現状ではARMA 車内との通話機能等がないものの、将来的には車内監視や、トラブル時の対応等で通話機能が必要

3. 意見、要望等

規則に関する意見・要望

運転者の条件及び車両運転に関する規則

空港制限区域内の車両運転許可にあたって、自動運転車両の走行特性を、講習並びに試験の内容に組み込んでいただきたい。

車両の要件

1. 自動運転車両であることを念頭に置いたランプ内走行許可基準の策定

自動運転車両の制限区域内車両使用承認にあたっては、「『指定自動車整備事業者』において道路運送車両の保安基準に準じた検査を受け、これに合格していること」という規程（＊）において、以下に挙げるような現下の自動運転車両の特性を踏まえ、「保安基準に準じた検査」の弾力的な解釈ないし緩和措置により、どの空港でも同一の運用が行えるようにしていただきたい。

＊本グループが実験を実施した東京国際空港制限区域内安全管理規程第41条より抜粋

（参考）

本グループにて使用した車両においては、Level4を想定して開発されており運転者を前提としているため、操作装置・視野の確保・室内設備等に関して、保安基準に合致しておらず改造等を要した

2. 道路車両運送法第99条の緩和

上記法に基づき、定員11名以上の車両は保安基準が準用されるため、車両定員は11名を超えるキャパシティを持っていたとしても定員10名以下に抑えての運用をせざるを得ない。何らかのかたちで当該法の緩和をお願いしたい。

その他制限区域内における作業員等に関する規則

・特になし

走行路・マーキング①

1. 自己位置推定精度の向上に向けた目標物の設置

GNSS測位が阻害されやすい場所（搭乗橋下部など）においては、SLAMによる高い自己位置推定精度が必要となる。航空機や駐車車両などマッピング時と環境が異なる場合において自己位置推定精度が低下し停止する事象が見受けられたことから、GNSSが阻害されやすい場所には何らかの目標物を設置することがのぞましい。

2. 技術・施設の制約に対する運用力バー

① 自己位置推定精度の低下防止策

走行ルート上ならびにスポット付近（スタート/ゴール付近）における、他車両の駐車の有無が自己位置推定精度に影響を与える可能性がある（停車リスク上昇）ことを鑑み、駐車場所の指定ならびにルールの議論が必要と考える。

また画像認証による自己位置推定の場合においては、車線の擦れにより低下することがあることから、ペイントの定期的なメンテナンスが必要と考える。

走行路・マーキング②

- ② Lidarの車両検知遅れによる衝突事故リスクの低下に向けた運用
- a. 建物等の構造的理由による衝突リスクに対する対応
- 建物が死角となり直前まで車両を検知できない等によりLidarによる他走行車両を認識できない場所が存在した。その場合、追突事故が起きるリスクが相対的に高くなるため、自動運転車両を実運用する際は信号協調などインフラ面での対策が必要だと思われる。
- (例) スタート(9番スポット付近)
- 8番スポットボーディングブリッジ橋脚により7番スポット側からの車両を検知するタイミングが遅れるリスクが存在した。
- b. 後方車両の検知を行えないことによる衝突リスクに対する対応
- 今回の実験車両は、後方車両の検知を行えないため、車線変更機能を搭載していない。今後、車線変更機能を搭載された車両を導入するためには、後方車両を検知する機能に加え、施設・運用面でのカバーが必要による安全確保が望ましいと考える。
- (例1) Y字交差点への進入(復路11番スポット付近)
- 一時停止線が合流地点よりも後方にあるため、優先道路を走行する車両を検知することができない。自動運転車両との信号協調ないし優先道路の入れ替え等の対策が望ましい。
- (例2) 片側2車線道路(右側車線走行)からの左車線進入時(往路ゴール地点進入時等)
- 自動運転車両が片側2車線道路の右側車線を走行するにあって、左側車線(羽田空港における追い越し車線)に侵入しようとする際、左側車線から他車両が追い越しをしようとしている場合、衝突リスクがある。

3. 渋滞発生リスクの軽減

今回の実験車両は安全設計上の理由により、最高速度を15Km/hに制限していたが、一部渋滞の発生が見受けられた。航空機牽引車など他GSEの走行にあっても渋滞は発生しているものの、自動運転車両の最高速度を一般車両と同等で設定する、ないし車両の追い越し可能場所を拡大することで渋滞の極小化を図ることができないか検討いただきたい。

次年度以降実証実験に関する意見・要望

駐車・充電設備

電動車両の普及を見据え、各社に指定されるGSE置き場に充電設備の設置が望ましい

その他

空港において自動運転を実施したいと考えるものに対して以下をインフラ情報として整えていただくことで、効率的かつ安全な導入を図れるものとする。

- (1) 空港内の電波発生場所の公開（SPOT37及びCAB庁舎付近で電波障害による車両停車が複数発生したため）
- (2) 航空機位置情報の共有（ブラストの検知等のため）
- (3) GNSS補正信号の発信

2020年に空港制限区域内で走行するために必要な実証実験に関する意見・要望

限られたリソースの中で安全かつスピード感をもって実証実験を進めていくためには、必要かつ十分な安全対策をいかに迅速かつシンプルに構築することができるかが重要と考えます。今後別ルートないし別空港において自動走行を展開するにあたっては、本委員会における公募実証実験の総括を関係者に公開いただき、前例としてご参考にしていただくことが、関係する空港事務所ないし構内事業者の不安や懸念を軽減につながると思われます。

次年度以降も引き続きのサポートを賜えますようお願い申し上げます。

その他の意見・要望

なし