

平成30年度実証実験結果報告

- BグループP. 2
 - アイサンテクノロジー(株)、ダイナミックマップ基盤(株)
- HグループP. 13
 - AIRO(株)(丸紅(株)、(株)ZMP)

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

アイサンテクノロジー株式会社

ダイナミックマップ基盤株式会社

協力：中部スカイサポート株式会社

1. 実験車両概要

実験車両の概要

使用車両	トヨタエスティマ
乗車定員	4名
全長／全幅／全高	全長4.8m,全幅1.8m,全高2.4m
車両重量	2,385Kg
ハンドル有無	有



走行制御技術の概要

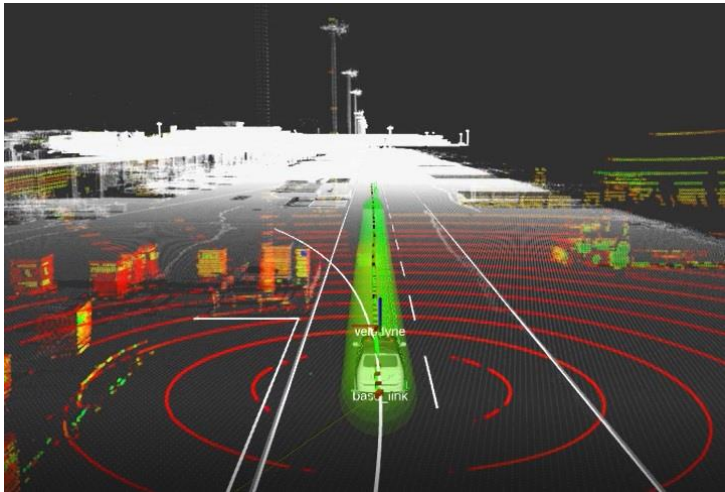
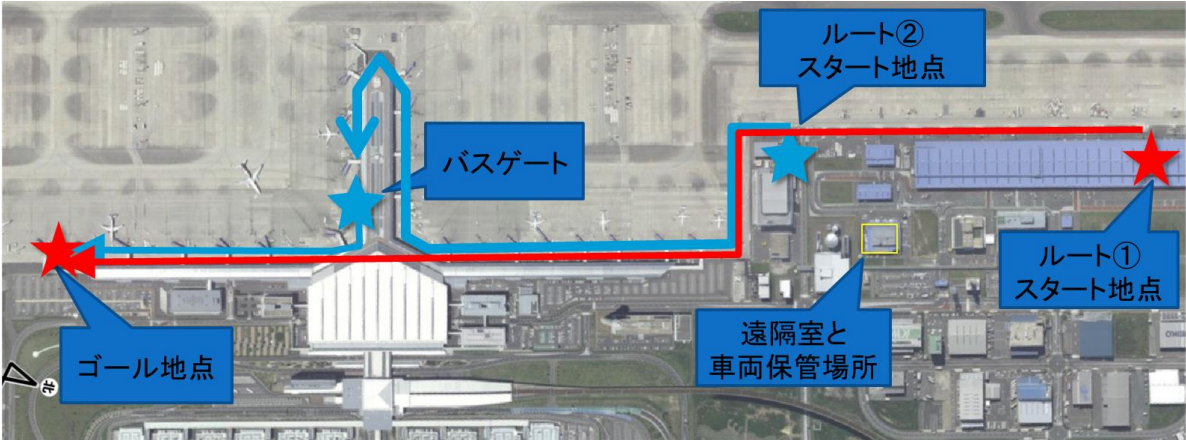
- ・車両自律型
高精度地図データを基に、車両上部に搭載したLiDARが計測した地形データとマッチングし、自己位置の推定を行う。またそのLiDARのデータから物体の検出、カメラ映像から画像認識を行う。



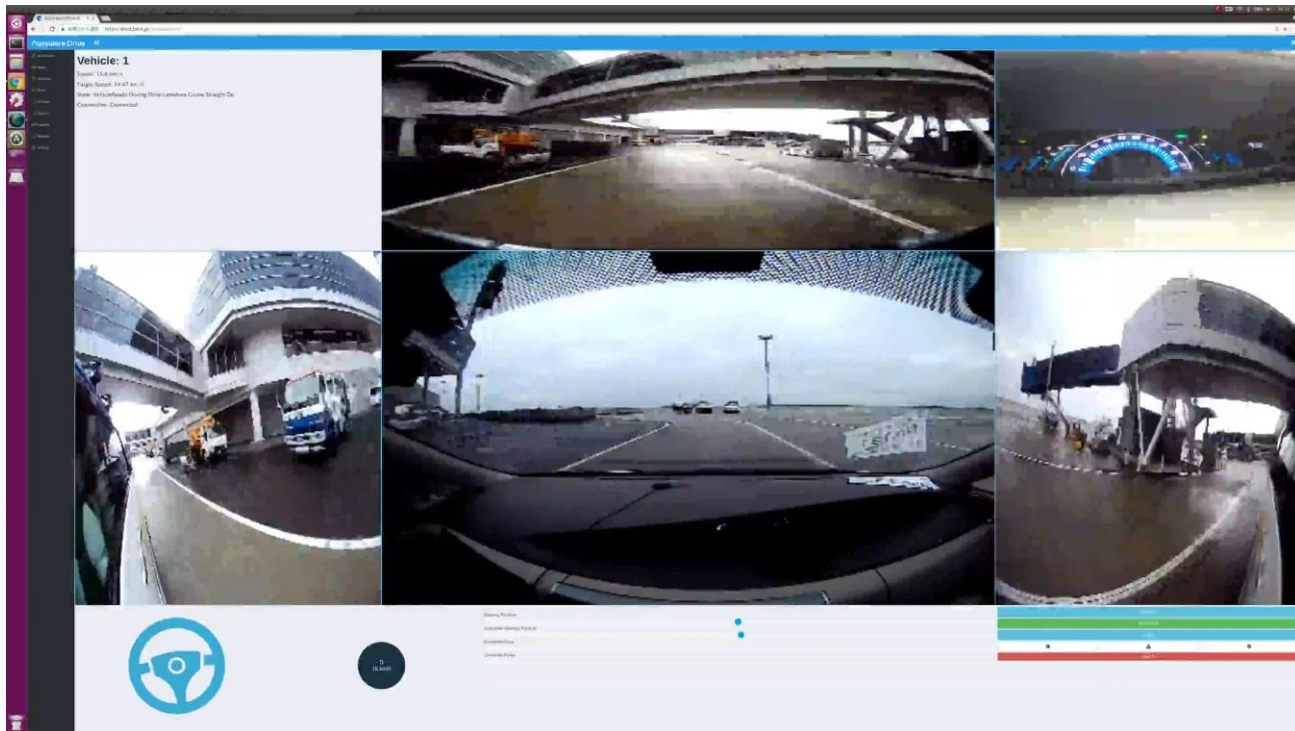
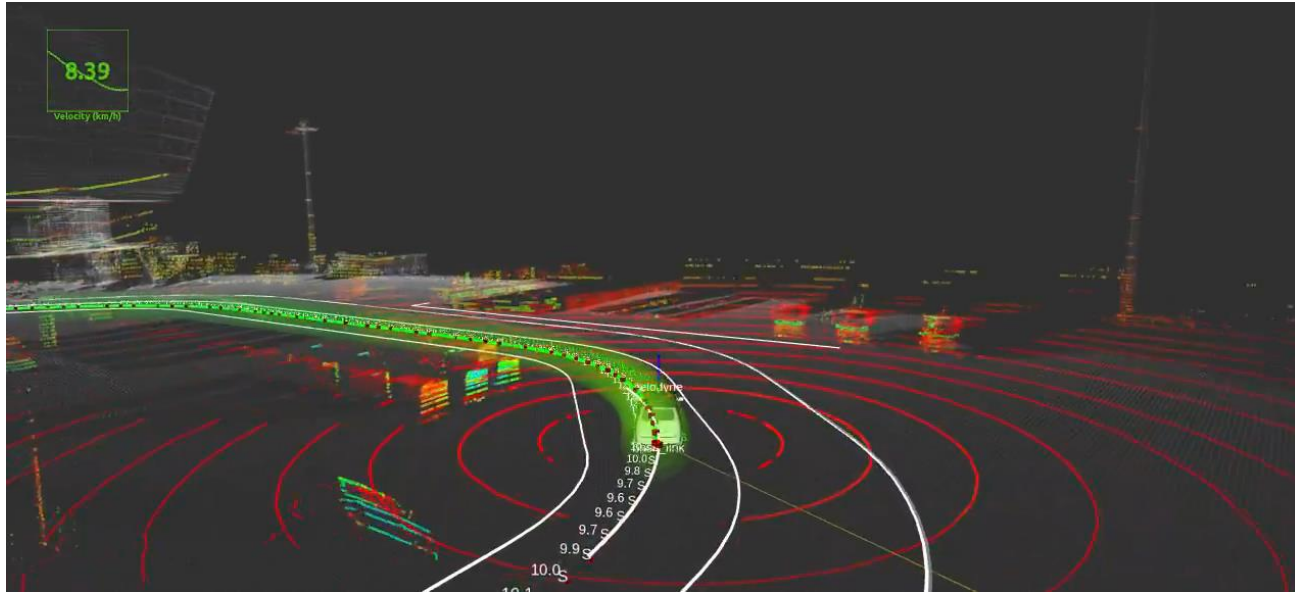
2. 実証実験結果

実証実験概要

実施日時	2019年4月23日～4月25日 4月23、24日 11:00～17:00（天候：曇り）テスト 4月25日 11:00～17:00（天候：晴）本番
実施場所	中部国際空港
走行ルート	①貨物地区→SPOT24付近（片道）：貨物輸送を想定（約1.8km） ②バス定位置→バスゲート～SPOT24付近（片道）：旅客輸送を想定（約2km）

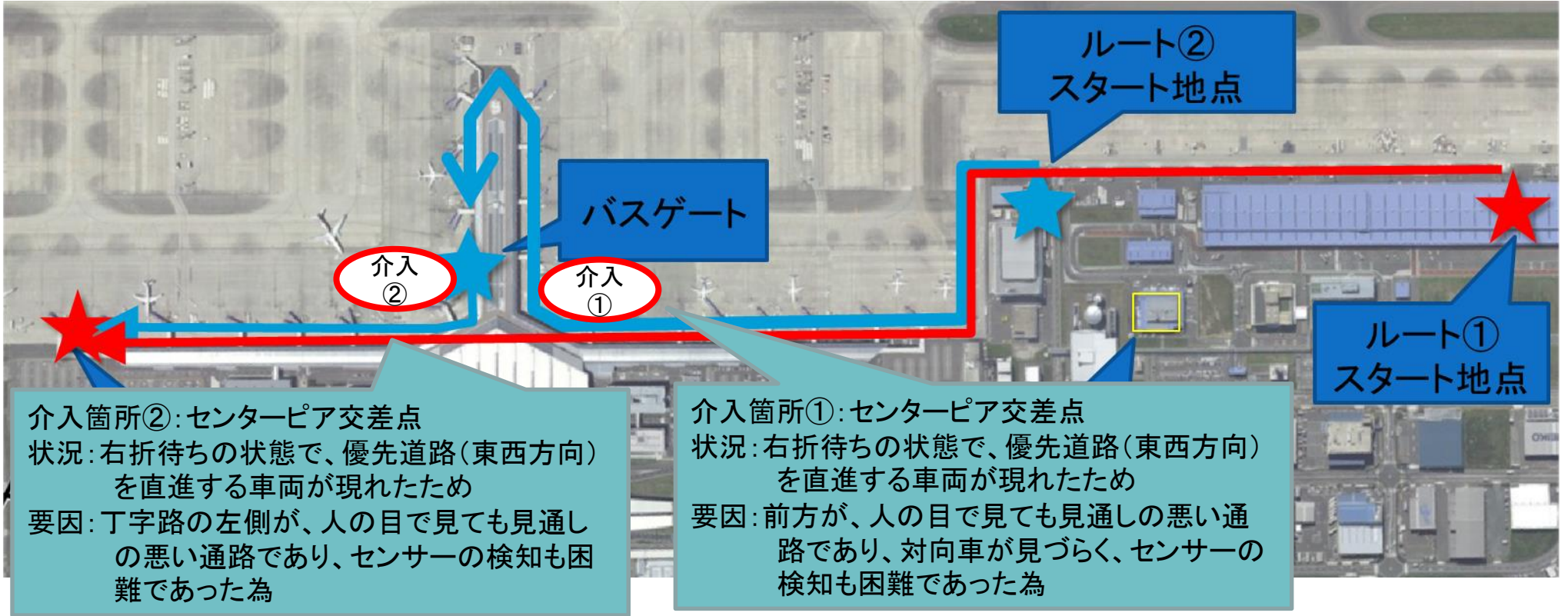


走行の様子



実証実験結果

走行距離	総走行距離	47(km)
	うち、自動走行距離	18(km)
予定していない手動操作の回数	合計回数	5(回)
	自動走行距離あたり回数	(0.28回／km)



(参考) 介入箇所①



(参考) 介入箇所②



自動走行に係る技術的課題

車両・人物の検知

【課題】

人が運転していても見通しの悪い交差点では、センサーによる他車の検知も困難（不安定）であった。

こういった交差点では、いま通行して良いのかどうか、空港側で路側センサ等による車両検知情報発信して頂けるのが望ましいと考えられる

車両・人物の検知

【課題】

システム側の課題として、横断歩道の手前で立っている人が、渡ろうとしているのかどうかの判断が困難である（なお、横断歩道上を歩く人は検知可能）。

航空機の検知、ブラスト把握

【課題】

数百m向こうにある航空機の検知、及びブラストの把握が困難であった。

航空機の把握については遠隔監視画面でも視認可能であるが、ブラストは遠隔監視でも把握は困難と考えられる。

航空機と車の間での通信や、ブラストの情報を配信する等の仕組みが必要と考えられる。

走行路

【意見・要望】

前述の通り、見通しの悪い交差点での通行車に関する情報（自動運転車が停車しておくべきか、発進して良いか、の情報）や、航空機・ブラストに関する情報は、空港側より情報発信をして頂くのが望ましいと考えられる。

運転者の条件及び車両運転に関する規則

【意見・要望】

将来、制限区域内において運転席無人での自動走行を行う為には、現状の規則では遠隔監視や遠隔操作に関する規定が無い為、今後検討していく必要があると考えられる。

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



**グループH
A I R O株式会社**

1. 実験車両概要

実験車両の概要

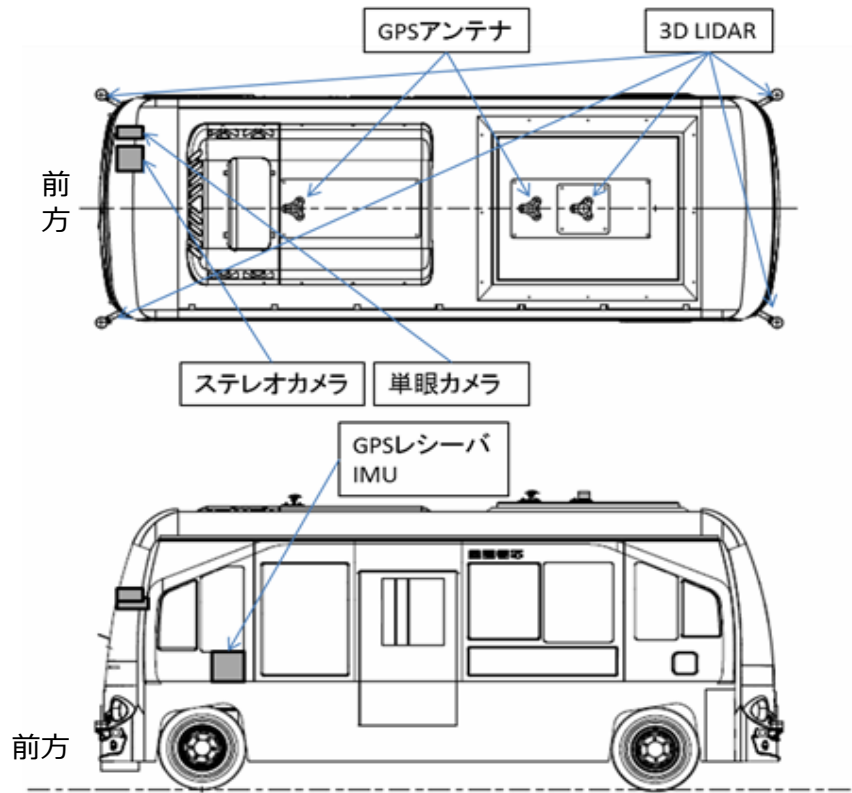
主な仕様

使用車両	ZMP製RoboCar® Mini EV Bus (ベース車両：ANKAI社製EVバス)
乗車定員	11名
全長／全幅／全高（m）	6.61／2.32／2.87
車両重量（kg）	8.320
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

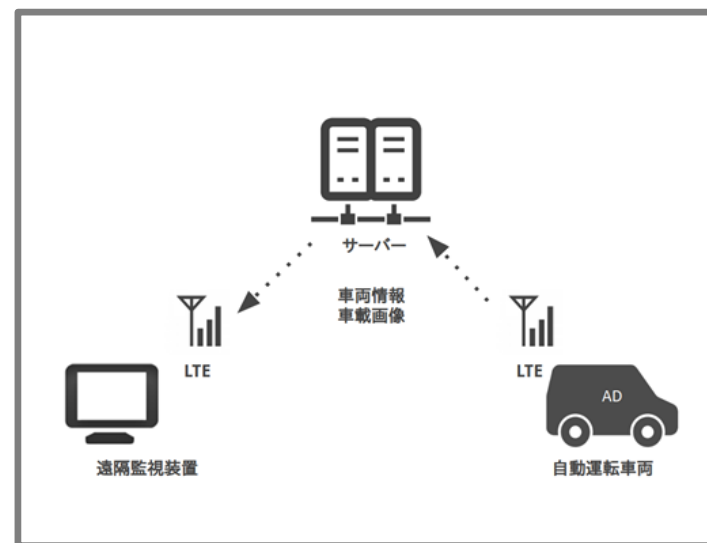
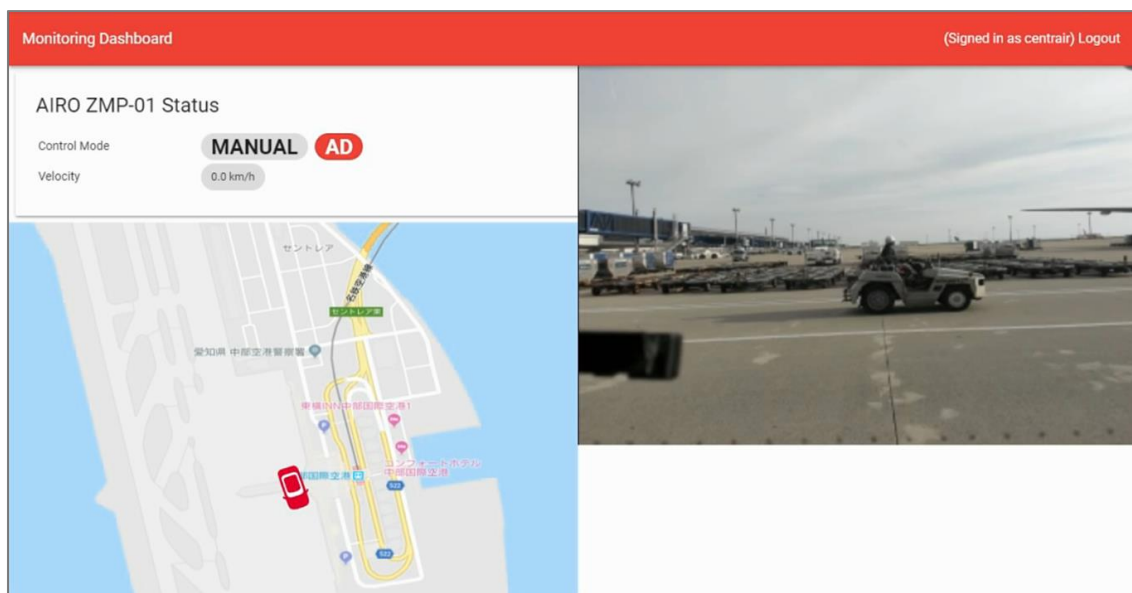


センサ等の概要

- ・カメラ 前1基
- ・LiDAR 計5基
- ・GPS 1基
- ・IMU 1基

遠隔監視システム

- 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

- 今回の監視対象は以下
自動/手動のステイタス、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

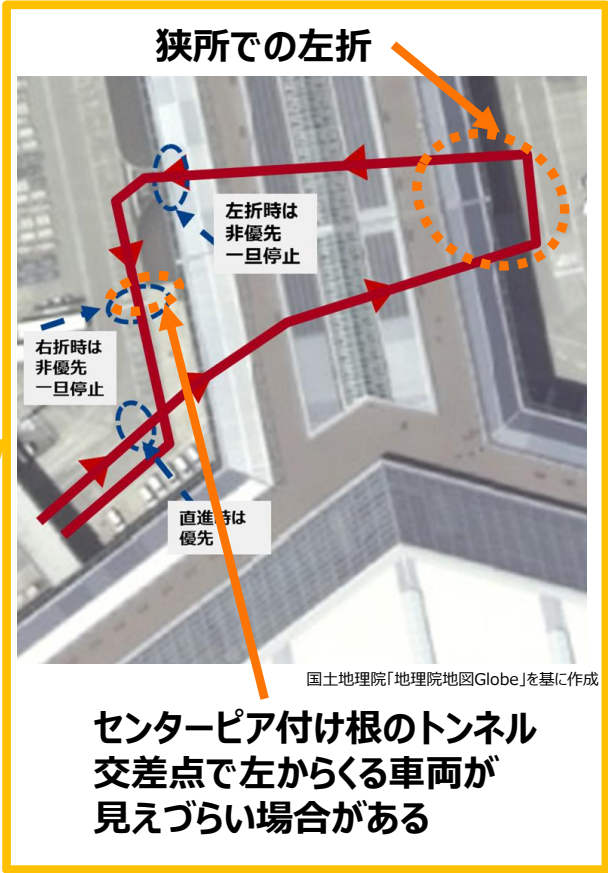
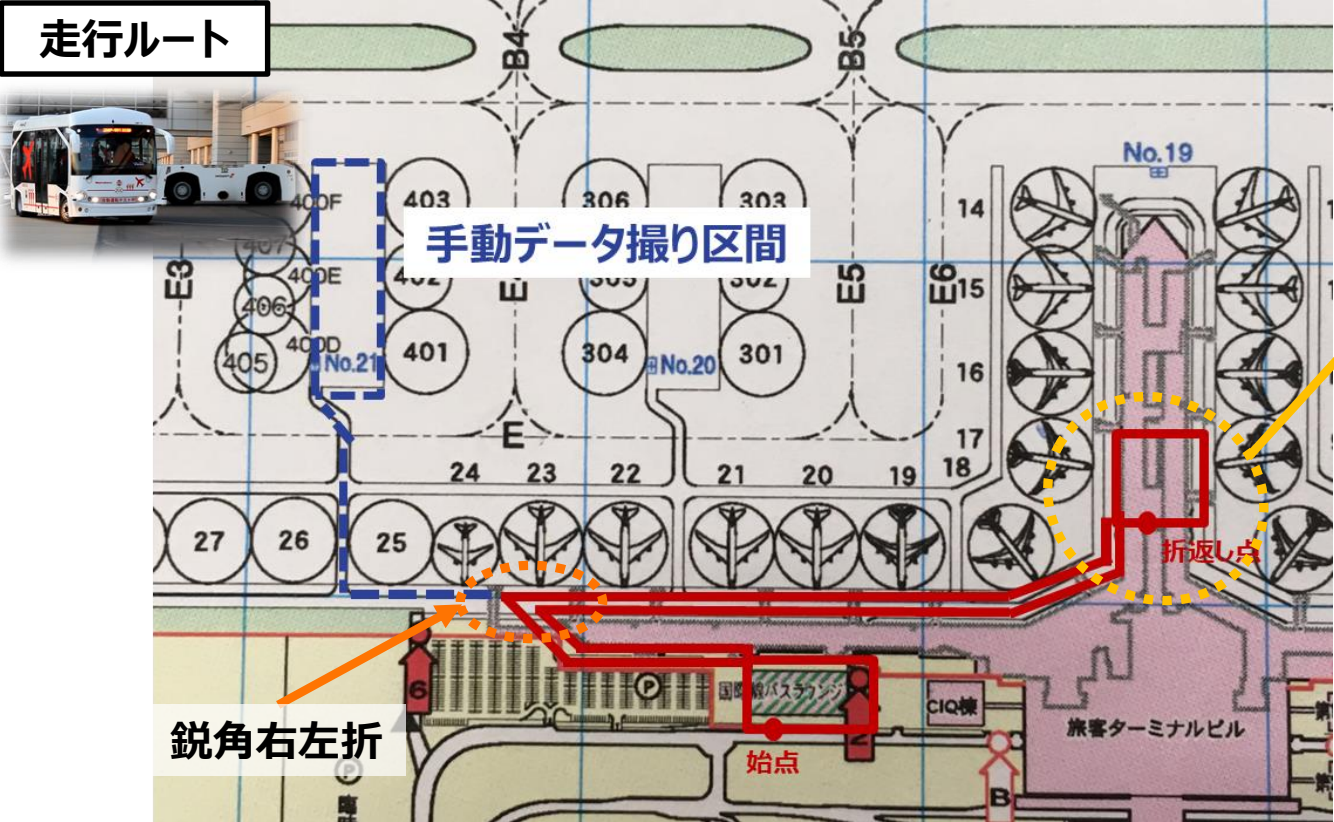
実証実験概要

実施日時	2019年3月18日(月)、19日(火)、20日(水) 3月18日 11:00~17:00 (天候：晴) 3月19日 11:00~17:00 (天候：曇・雨) 3月20日 11:00~17:00 (天候：晴)
実施場所	中部国際空港
走行ルート	国際バスラウンジ乗車口～降車口 (往復約2km)

本エリアの業務概要

- ✓ 国際バスラウンジ乗車口から搭乗スポットまで、また降機スポットから国際バスラウンジ降車口まで乗客を輸送

走行ルート



2. 実証実験結果

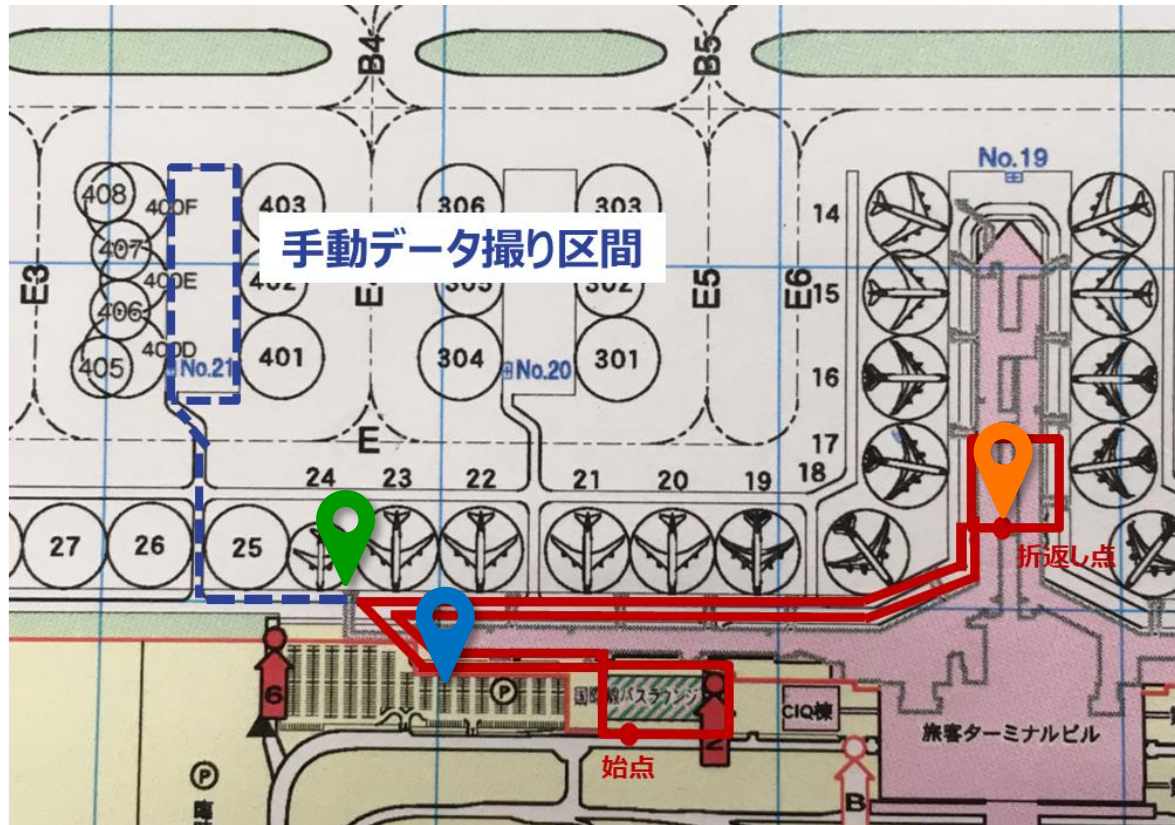
実証実験概要



実証実験結果（サマリ）

走行距離	総走行距離	24.7 km
	自動走行距離 (自動運転率)	24.435 km (99.1%)
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	・駐停車の回避×1、 ・工事車両・工事現場の回避×3 ・優先道路合流時安全確保のため 手動操作×1

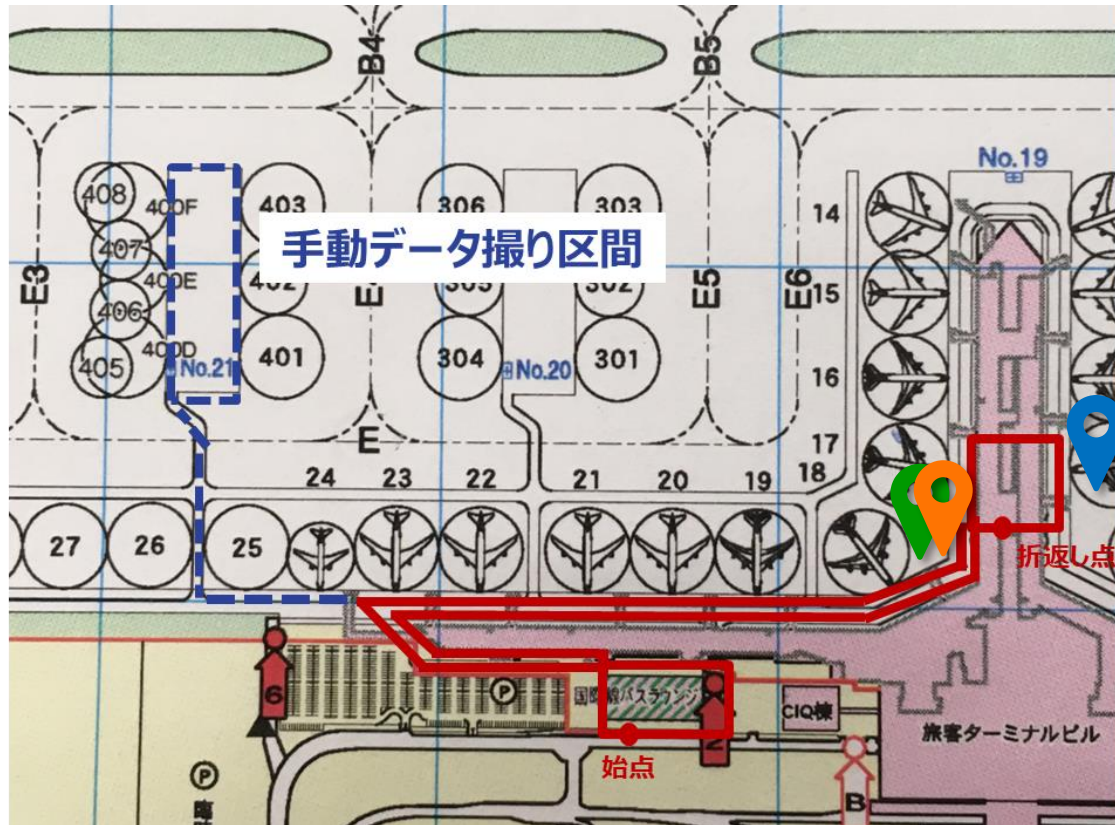
実証実験概要 - オーバーライド -



発生箇所：国際線側ターミナル裏
発生状況：第2ターミナル工事中で
工事車両が側道からはみ出て停車
していたため、オーバーライドで回避
発生要因：駐停車車両の回避対応は未実装

発生箇所：TTB沿いの車両通行帯に非優先通行
路から合流
発生状況：非優先から優先道路への合流箇所で、
左からくる車両へ安全確保して対応
するためオーバーライド
発生要因：駐車車両が死角になり、車両の認識が
遅れたため

発生箇所：バス降車場
発生状況：**車両が停車**していたため、オーバーライド
で回避
発生要因：駐停車車両の回避対応は未実装



<狭所での左折>

場所 : センターピア下のトンネル部分
発生状況 : センターピア下のトンネル部分は狭い場所で左折を繰り返す必要があり、車両制御と誤認識調整等の詳細チューニングが必要。

<走行する車両が見えづらい交差点>

場所 : センターピア付け根のトンネル付近交差点
状況 : 非優先から優先道路への合流箇所、左からくる車両が見えづらく、合流する判断が難しい。
そのため、ストップラインを超えても、状況を確認しながら徐々に進む運用とした。
動画 : 徐行しながら対応できた場合

発生箇所 : センターピア付け根のトンネル付近交差点
発生状況 : 非優先から優先道路への合流箇所、左からくる車両が見えづらく、合流する判断が難しい。
そのため、ストップラインを超えても、状況を確認しながら徐々に進む運用とした。
動画 : 車両は対象車を認識していたが、乗客によっては不安を感じる可能性がある場合

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

環境変化の検知

【課題】

工事バリケードや工事関連駐車車両に対する判断と回避対応

【今後の対応】

一次停止／駐車の判別方法の検討、および工事バリケードや駐車車両の回避行動の開発を進める

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

- ・車両往来が多い交差点での右左折、ドローンを牽引したTT 車両の認識など、制限区域内特有の事情に対し、スムーズな走行や瞬時の認識精度の高さを感じ、自動運転の実現性を実感することができた。

実用化に向けてのコメント

- ・最も需要が高いのはTT 車両であり、牽引車両の早期自動化も期待したい。
- ・機側周辺や誘導路横断、また車両往来が多いピーク時間帯や夜間等、今回安全面を考慮し実施できなかった環境での実験も必要と考える。
- ・オペレーションを考慮すると、乗客収容人数はより多いほうがよい。

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^{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有したほうがよい
- 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**）

規則に関する意見・要望

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
- バス乗降ポイントでも自動運転車両専用の乗降エリアを確保したい
- 空港内充電設備を利用することで、自動運転車両の運用がしやすくなる

その他

【意見・要望】

- 車線から近い位置に特殊車両などが置かれており、死角がある。
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



2019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。

2019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）
- 関係者間の自動運転車両に対する認知度向上、受容
- 管制システム、ランプコントロール等の情報連携可否の検討
- 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中部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スイスポートジャパン様に心よりお礼申し上げます。

