

「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）・
自動走行システム」

沖縄の交通環境下における公共バスのより高度な
自動運転制御の実現に向けた調査

平成30年3月16日

沖縄自動走行バスコンソーシアム
代表企業 先進モビリティ株式会社

まえがき

「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）・自動走行システム」沖縄の交通環境下における公共バスのより高度な自動運転制御の実現に向けた調査」に関する受託業務を完了したので報告する。なお、本業務はSBドライブ株式会社と設立した沖縄自動走行バスコンソーシアムにて実施する。

本報告書は、内閣府の平成 29 年度科学技術イノベーション創造推進委託費による委託業務として、沖縄自動走行バスコンソーシアムが実施した平成 29 年度「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）・自動走行システム」沖縄の交通環境下における公共バスのより高度な自動運転制御の実現に向けた調査」の成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の著作権は、内閣府に帰属しており、本報告書の全部又は一部の無断複製等の行為は、法律で認められたときを除き、著作権の侵害にあたるので、これらの利用行為を行うときは、内閣府の承認手続きが必要です。

目次

1.	調査の概要.....	1
1.1.	調査の目的.....	1
1.2.	調査の内容.....	1
2.	自動運転バスの改造.....	1
2.1.	自動運転バスの仕様.....	1
2.2.	運行サービスシステムの組み込み.....	9
2.2.1.	システム構成.....	9
2.2.2.	運行管理システム（クラウド）.....	10
2.2.3.	運行管理システム（車載システム）.....	11
3.	実証実験の実施.....	18
3.1.	走行ルート.....	18
3.2.	実証実験運行方法.....	18
3.3.	自動運転バス性能評価.....	18
3.3.1.	RTK-GPSの測位精度調査.....	18
3.3.2.	車線維持制御性能.....	26
3.3.3.	車線維持制御のオーバーライド状況車線.....	31
3.3.4.	速度制御性能.....	33
3.3.5.	速度制御のオーバーライド状況.....	35
3.3.6.	障害物検出性能.....	35
3.3.7.	デジタル地図とローカルダイナミックマッピング検出性能.....	44
3.3.8.	ACC制御性能.....	48
3.3.9.	自動車線変更制御性能（障害物回避）.....	50
3.3.10.	自動車線変更制御性能（右折対応）.....	52
3.3.11.	正着制御性能.....	55
3.3.12.	準天頂衛星の補正情報による測位.....	62
3.3.13.	運行サービスシステム.....	72
4.	記録映像の制作.....	73
4.1.	乗降場所案（バス停位置）.....	73
4.2.	自動運転車の制御機能の技術.....	73
4.3.	自動走行社会実験映像シナリオ.....	76
5.	自動運転バスの試乗会の実施.....	86
5.1.	インターネットによるライブ配信とデモ映像の配信.....	86
6.	自動運転バスに関する受容性調査.....	87
6.1.	ヒアリング調査.....	87

6.1.1. ヒアリング結果概要.....	93
6.1.1.1. 試乗前および試乗後アンケート結果.....	93
6.1.1.2. ヒアリング時の代表的な意見.....	97
6.2. 道路インフラのあり方調査.....	99
6.3. 社会実装に向けた課題整理.....	117
7. まとめ.....	118

1. 調査の概要

1.1. 調査の目的

路線バスへの自動走行システムの社会実装をめざし、路線バス型の自動運転実験車（以下自動運転バス実験車）を用いて、内閣府が別途指定する沖縄県内の公道にて、デジタル地図等を用いた高度な自動運転バス実証実験を実施するとともに、関係者（交通事業者等）に対する試乗会を実施し、沖縄県内における自動運転公共交通バスの社会適応性の調査を実施した。

1.2. 調査の内容

自動運転バスの実証実験を行うにあたり、RTK-GPS、準天頂衛星、磁気マーカシステムを用いた車線維持制御機能、ACC速度制御機能、正着制御機能、信号機利用速度制御機能および車線変更機能を備えた自動運転バス実験車を準備するとともに、内閣府振興局より指定された宜野湾マリーナ～イオンモール沖縄ライカム間の国道58号、国道58号宜野湾バイパス、県道81号（普天間線）および国道330号での実証実験走行ルートにて自動運転システムの性能評価、自動運転バスに関する受容性調査をおこなった。以下、調査内容の詳細について記述する。

2. 自動運転バスの改造

2.1. 自動運転バスの仕様

2.1.1 自動運転バスの基本仕様

本事業では、先進モビリティ株式会社が保有している低床式の小型バス【日野ポンチョ】を自動運転バスに改造して、実証実験に供する。

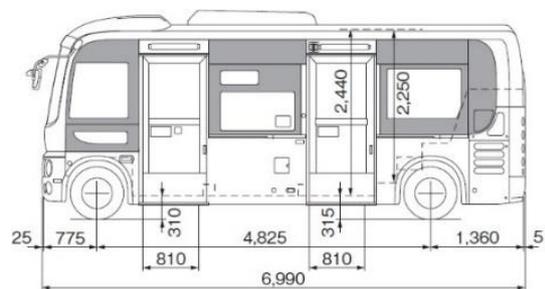


図 2.1.1-1 実証実験車【日野ポンチョ】外観図

実証実験車は2ドアタイプのノンステップ低床車両である。ベース車には車いす設置スペースを確保するため、運転席の右側後部には跳ね上げ式の座席が2席設置されているが、自動運転機器を搭載するためベース車の右側座席配置と車いす固定位置を改造変更した。図 2.1.1-2に改造予定後の座席配置図をしめす。又以下に改造後の主な車両緒元をしめす。

- 全長 : 7.0m
- 全幅 : 2.08m
- 定員 : 29
- 乗降扉数 : 2
- バリアフリー対応 : ノンステップ

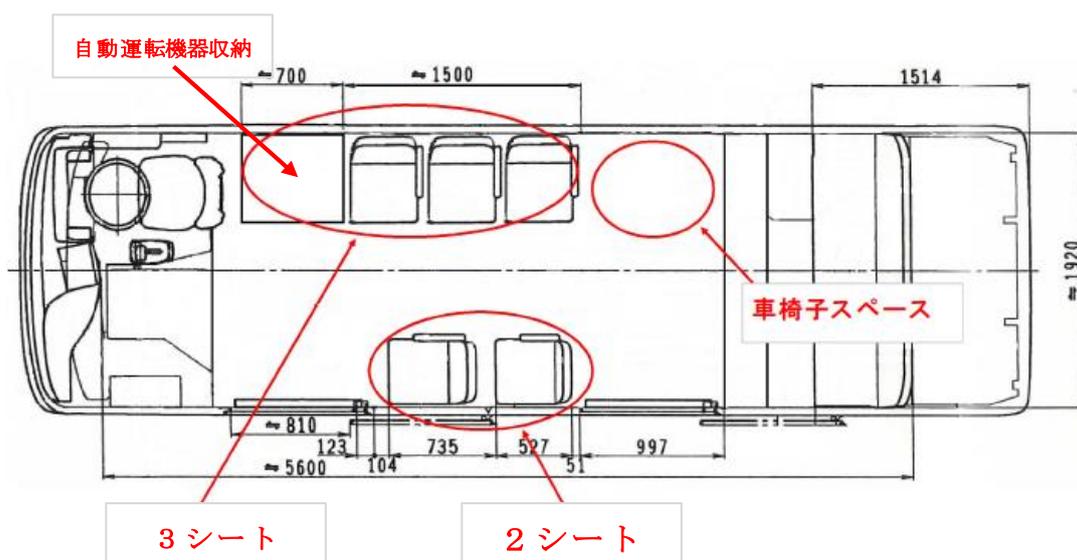


図 2.1.1-2 改造後の座席配置図

また、本事業で、自動運転バスに使用する制御ハードシステムは、制御 ECU (dSPACE 社の AUTOBOX)、を用いた制御部、車両情報とセンサ情報からなる入力部及び速度制御、自動操舵制御、と HMI からなる出力部により構成される。入力部に自動運転に必要な入力情報を処理し、制御部へする、制御部において、自動走行の操舵量及び速度制御量を算出し、自動制御のアクチュエータへ出力するという仕組みである。制御システムの構成は図 2.1.1-3 に示す。

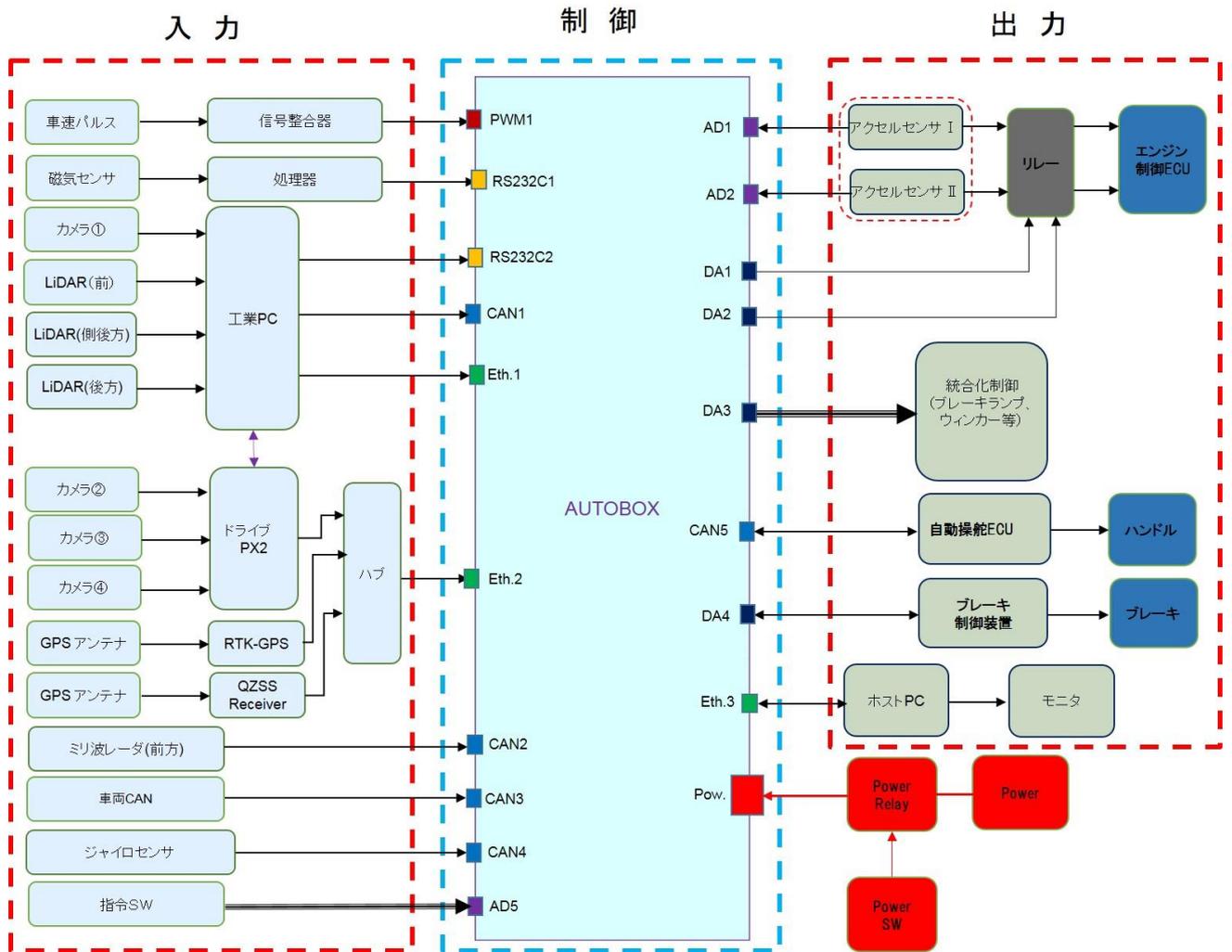


図 2.1.1-3 自動運転バスのシステム構成

2.1.2 自動運転バスの機能

以下に実証実験バスの保有する機能を示す。

2.1.2.1 自動操舵機能

自動運転システムの重要な構成であるステアリングを電動パワーステアリング (EPS) に改造した。EPS は電動パワーモーター及び自動操舵制御装置から構成される。車両のオリジナルスーテリアを取り外して、自動操舵機能付きのモーターコラムを交換して、自動運転 ECU と自動操舵制御装置との通信により、自動操舵が可能となる。図 2.1.2.1-1 に改造した EPS を示す。



図 2.1.2.1-1 電動パワーステアリング (EPS)

2.1.2.2 自動アクセル機能

自動運転 ECU からエンジンへの指令信号を出力するように、自動アクセル機能が可能となる。また、アクセルペダルと同様な特性を持たせるために、アクセルセンサーの出力を ECU へ送信して、監視している。改造は図 2.1.2.2-1 に示すような電氣的に行った。

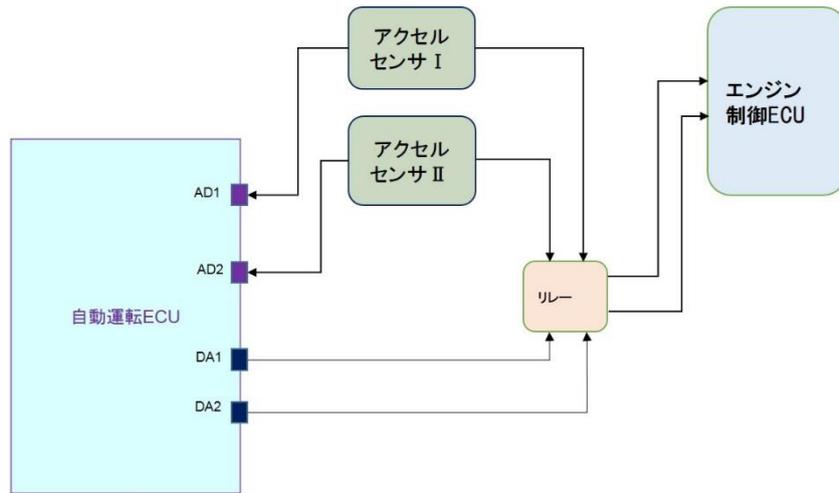


図 2.1.2.2-1 アクセル電気信号改造

2.1.2.3 自動ブレーキ機能

実験車両には EBS (Electronic Brake System: 電子制御ブレーキシステム) が装備されていないため、図 2.1.2.3-1 に示すように、外付けの PCM (Powertrain Control Module) を改造することで、PCM の自動制御により、自動ブレーキが可能となる。

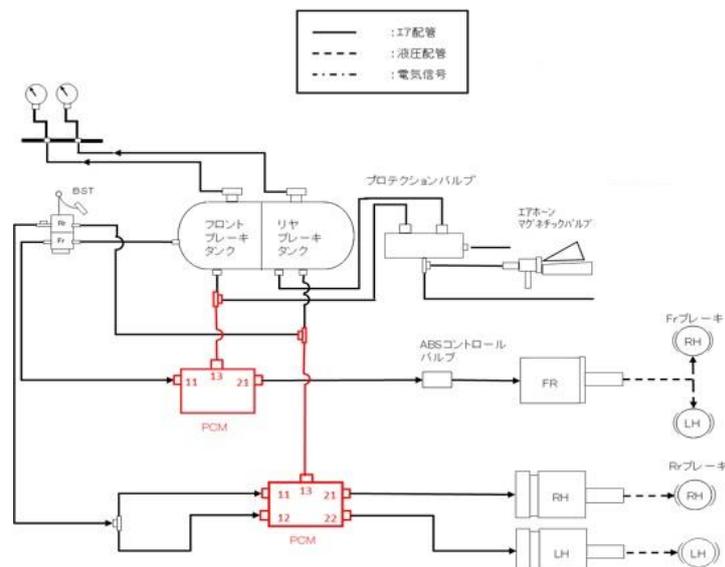


図 2.1.2.3-1 ブレーキ改造図

2.1.2.4 自動運転システムのセンサ及び各機器

本実験車では、車線維持制御に使用する位置測定の GPS、周囲環境認識の 3 次元ライダーとカメラ、

ACC に使用するミリ波レーダー等は図 2.1.2.4-1 の搭載イメージに示すように、実験車に

搭載した。

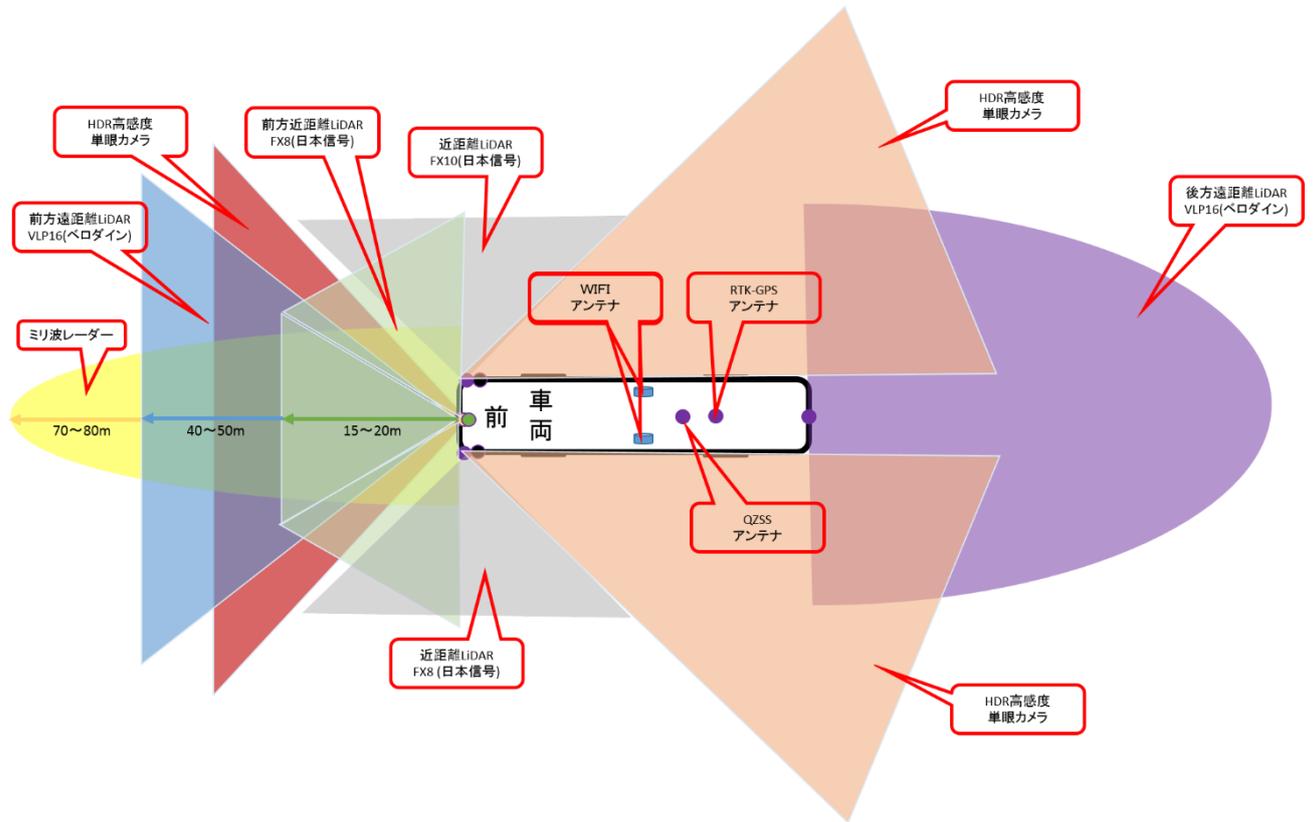


図 2. 1. 2. 4-1 自動運転実験車のセンサ搭載イメージ図

複雑な走行環境での自動運転制御をおこなうため、3次元ライダーおよびディープラーニング画像認識による物体認識をおこなう。図 2. 1. 2. 4-1 に示すように、自動運転実験車の周囲環境認識は、車両を中心に、前方、側方、後方に監視センサを搭載した。

前方においては、ACC に使用するミリ波レーダーは車両のフロントグリル部に設置し、また、同位置に前方遠距離 3DLiDAR (ペロダイン社製: VLP16) と前方近距離 3DLiDAR (日本信号社製: アンフィニソレイ FX10) を設置した。また、車室内ダッシュボード部に HDR 高感度単眼カメラを設置して、ディープラーニング画像認識による物体認識を行う。以上のセンシングから前方監視システムを構成する。側方については、両サイドは同様に、車両ルーフ前方の側面に取り付けた近距離 3DLiDAR 及びフロントフェンダー部に取り付けた HDR 高感度単眼カメラ (ディープラーニング) から側面監視システムを構成する。後方については、ペロダイン社製の後方遠距離 3DLiDAR (VLP16) を車両ルーフ後方に取り付けている。

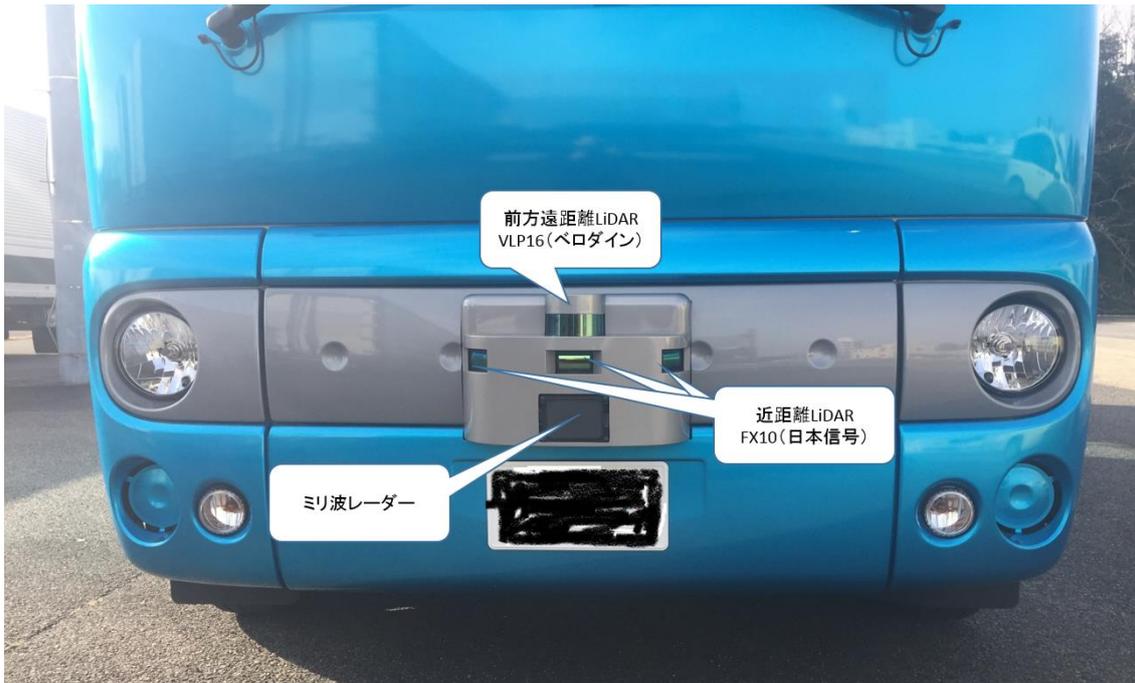


図 2. 1. 2. 4-2 前方センサの取り付け様子

図 2. 1. 2. 4-2 に前方センサの実車の取り付け様子を示す。各センサの専用のブラケットを設計し、センサの角度などを最適化したうえで、車両のフロントグリル部を加工して、取り付けしている。同様に、サイドセンサも図 2. 1. 2. 4-3 のように取り付けしている。

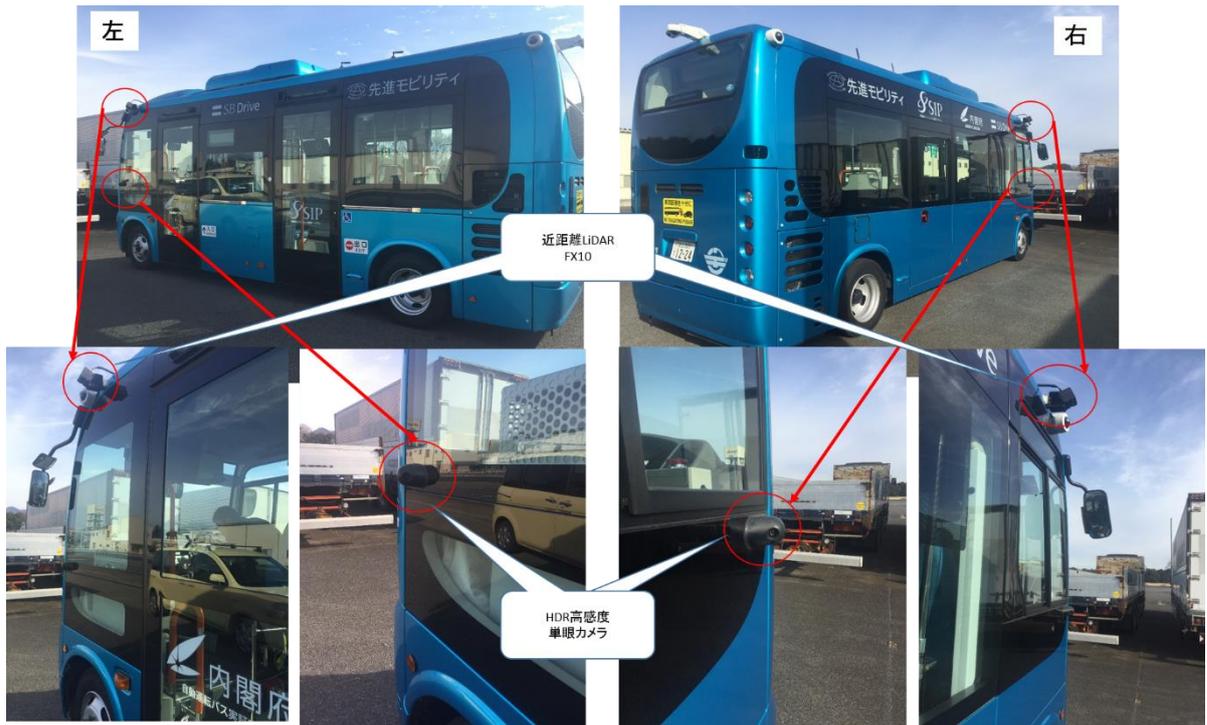


図 2.1.2.4-3 車両サイドセンサの取り付け様子

また、後方の環境監視センサとして、図 2.1.2.4-4 に示すように、ベロサイン社製の後方遠距離 3DLiDAR (VPL16) を車両ルーフ後方に取り付けている。



図 2.1.2.4-4 後方センサの搭載様子

交差点での右左折を含む走行ルートに沿って自動走行するため、RTK-GPS での測位情報を用いて、走行ルートに沿った目標走行軌跡が作られ、この目標走行軌跡を追従するようハンドルが自動制御される。また、準天頂衛星の測位を評価するために、実験車に RTK-GPS 以外に、準天頂衛星の対応する受信機を搭載している。図 2. 1. 2. 4-5 に RTK-GPS、QZSS 及び WIFI のアンテナの設置様子を示す。

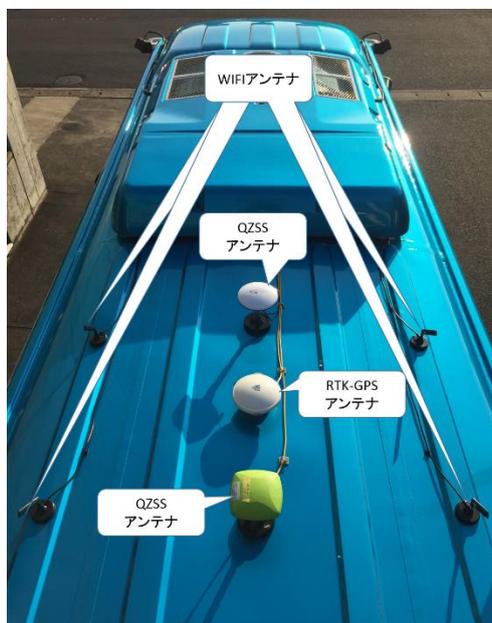


図2. 1. 2. 4-5 ルーフ上の設置装置

2. 2. 運行サービスシステムの組み込み

車両および車内を遠隔から監視するための運行管理システムを設置し、走行中のバス車内の様子と車両の状況を遠隔から監視する実験を行った。また今回の実証実験では運転手がいたレベル2相当の自動運転であったが、レベル4を想定し、バス停の案内を自動表示、アナウンスし、バス停に停まれば自動でドアを開け、車内の安全を確認してから発車するといった制御も行った。

2. 2. 1. システム構成

運行サービスシステムは、車載 PC システムとクラウドサーバから構成されている。図 2. 2. 1-1 に運行サービスシステムのシステム構成をしめす。

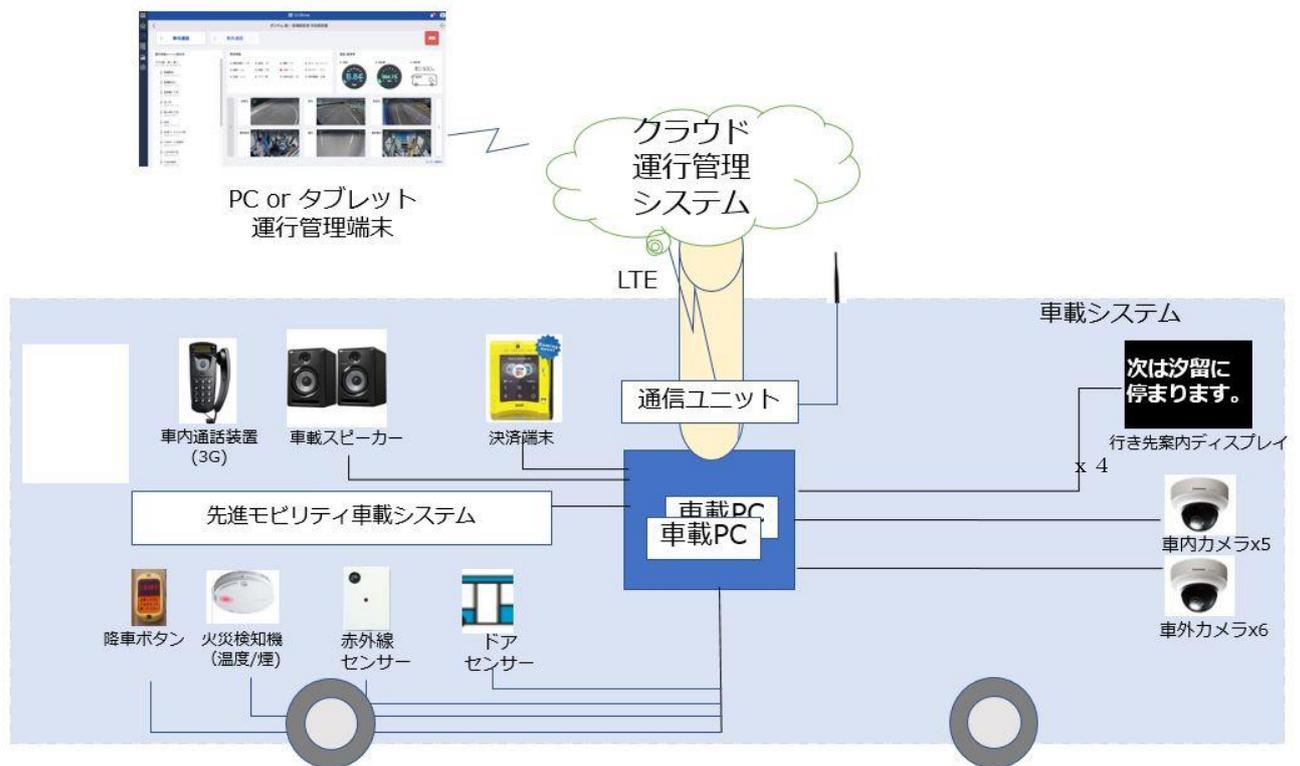


図 2. 2. 1-1 運行サービスシステムのシステム構成

2. 2. 2. 運行管理システム (クラウド)

今回の実験にて本運行管理システムから取得できる主な情報を以下にしめす。

- ① 試乗者を遠隔から見守るための車内映像
- ② 車両速度
- ③ 車載機器ステータス (正常/異常)
- ④ 車両位置情報

「車内通話」、および「緊急停止」機能も今回導入している。

走行中のバス車両内の映像を取得するためのカメラは、バス車内5台、バス車外6台設置し、車両内外の状況を遠隔から把握できることを検証した。使用した運行管理システムのイメージを図2. 2. 2-1にしめす。

画面右上の赤の停止/発車ボタンを押すと速やかに車両は停止/発車する。



図 2.2.2-1 運行管理システム画面例

2.2.3. 運行管理システム（車載システム）

バス車内には安全に運行管理を行うために、カメラシステム、ディスプレイ、行先案内板、双方向会話システム、各種センサーなどが車載 PC を経由して運行管理システムと連携している。

(1) カメラの設置

バス外部、内部の安全をリモートの運行管理システムで確認できるようにするため、

- ・車外向けカメラ 6 台
- ・車内向けカメラ 5 台

を設置し、運行管理システムで常に見える状態のリアルタイム表示を行っている。

車外 360 度、車内の死角がない画角で実装している。

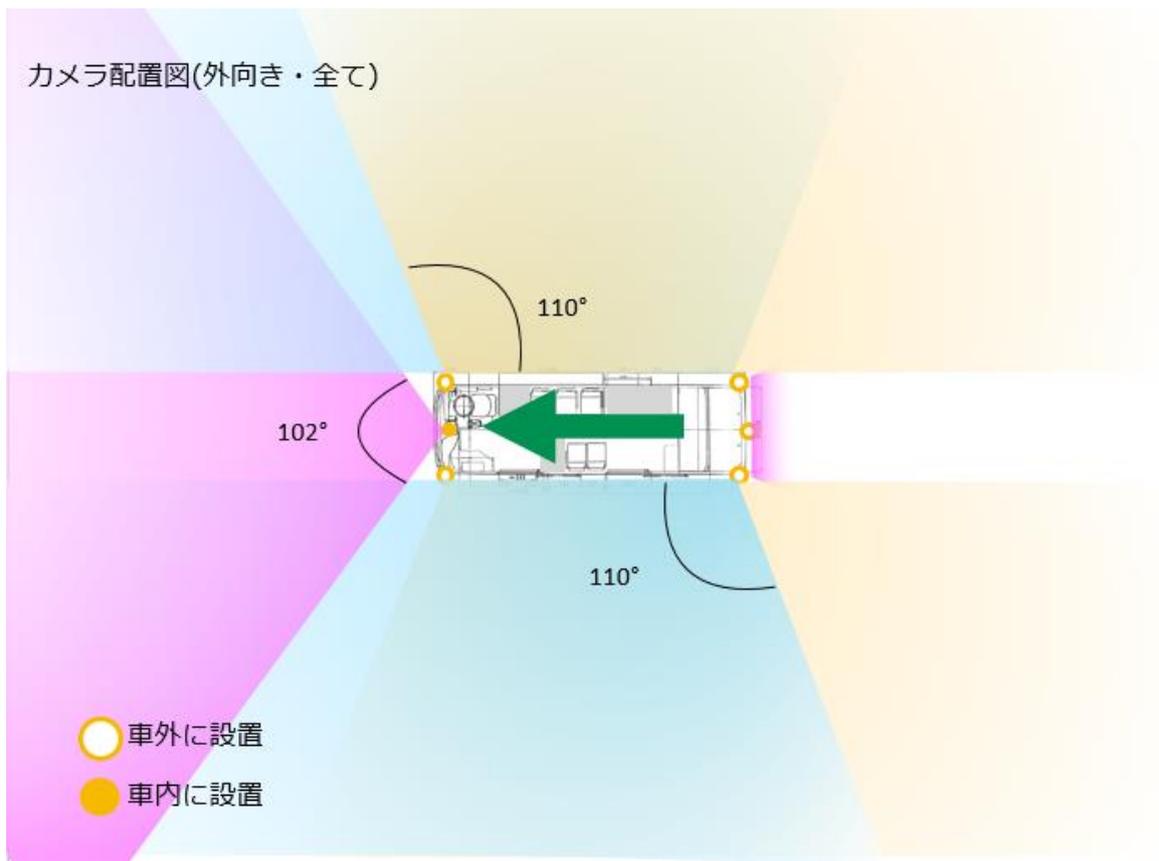


図 2.2.3-1 車外カメラの画角



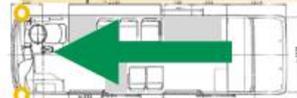
図 2.2.3-2 前方、後方カメラの映像

カメラ配置図(外向き・左右前方)

右前方カメラ
【右後方】



110°



○ 車外に設置

左前方カメラ
【左後方】



図 2.2.3-3 右前方カメラ、左前方映像

カメラ配置図(外向き・左右後方)

右後方カメラ
【右前方】



画角調整する予定



110°



左後方カメラ
【左前方】

○ 車外に設置

図 2.2.3-4 右後方カメラ、左後方カメラ映像

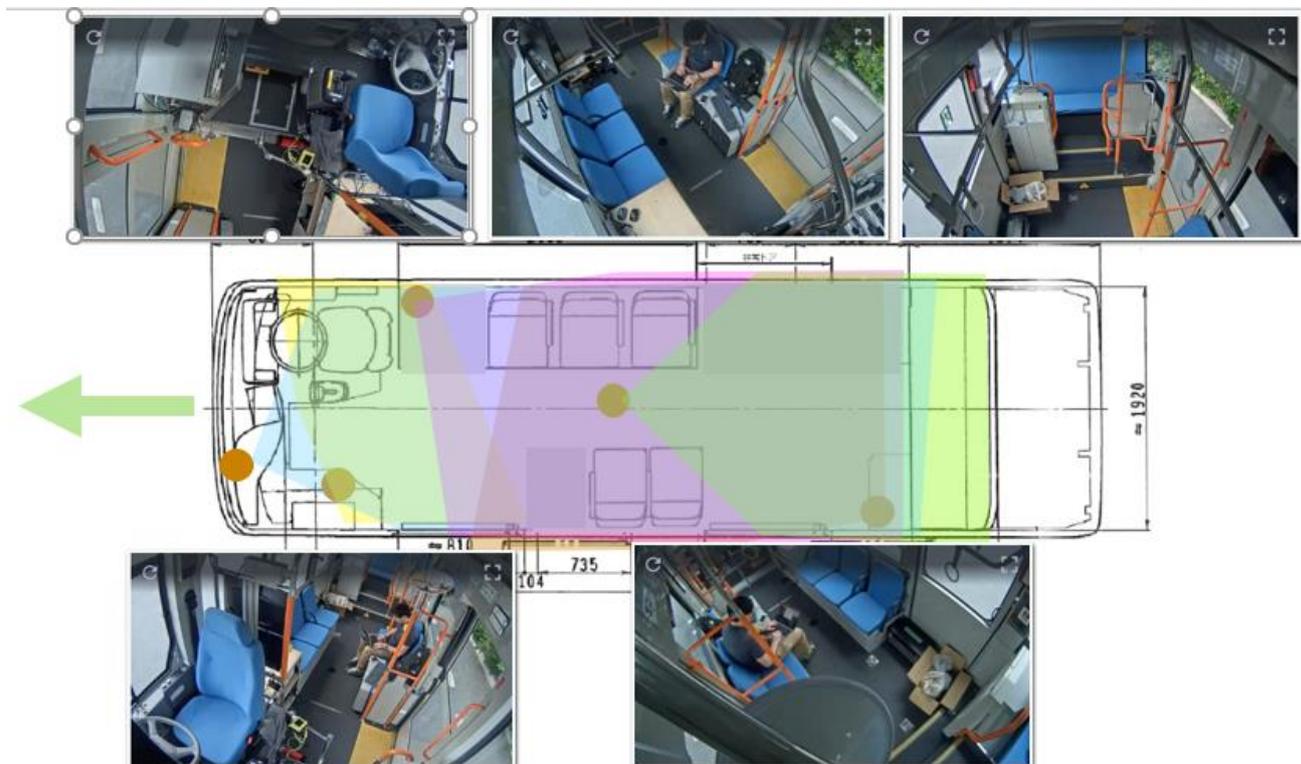
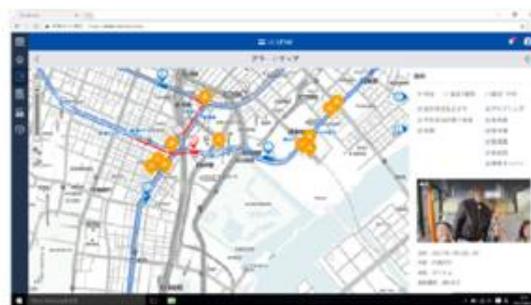


図 2.2.3-5 バス車内の画角と映像

カメラによる遠隔監視について、車外よりも車内の映像を注視するケースが遠隔監視者・見学者、共に多かった。車外よりも車内の方がより変化が多く注目を集めやすいとの理由もあるが、乗客に異常が発生していないかが、レベル4自動運転バスにおける遠隔監視の最優先事項と考えられるためではないかと思われる。また今後は遠隔監視システムについてもすべての映像を等価に表示するのではなく、注目される映像をより優先度高く表示するなど遠隔システムのユーザーインターフェースについての議論や検証が必要だと思われる。

(2) 車内の安全確認検知

車載の AI 解析機能を使い、停留所から発車前に車内の乗客が移動中かどうかをディープラーニングで検出し、注意のアナウンスを行ったり発車をしないようにする機能を有している。更に走行中の乗客の移動に対しても検知し、注意のアナウンスを行って、車内の安全運行を実現している。



AI画像解析により

- 走行中の移動を検知
- 発車前の移動検知

図 2. 2. 3-6 危険状態の検知と運行管理システムへの通知（イメージ）

(3) 運行管理者と双方向通話

車内異常が発生した場合には、運行管理者にはポップアップで表示される。

リモートの運行管理者が運行管理システムの車内映像を見ながら車内通話ボタンをクリックすることで運行管理者との双方向通話が可能となる。

遠隔からの車内通話について、レベル4での運用においては有用だとの交通事業者の声が多かった一方で、突然放送が始まると、放送内容を聞き逃してしまうとの意見もあり、放送前に通知音（ピンポンパンポ〜ン）を発するなどの対応を行う必要性が感じられた。



運行管理者にアラートが上がった時には、
運行管理者と双方向の通話が可能

図 2. 2. 3-7 運行管理者と双方向通話（イメージ）

(4) 停留所でのドアの自動開閉

経路情報に車両から取得した位置情報を組み合わせて、車両の停車位置が停留所かそうでないかを判断する機能を実装した。また、ドアの開閉時に車内の乗客とドアが衝突することを防止するために、ドア付近に乗客が存在するかを赤外線センサで感知し、問題がある場合はドアを開かないように設定した。



図 2.2.3-8 ドアの自動開閉

(5) その他

別途運行管理者に直接通知をしたい場合には、備え付けの直通電話（携帯電話回線）が配備されている。車内通話機能が存在するため、直通電話は機能的に重複するが、車内通話機能によるスピーカーとの会話について、一般の乗客は直感的に違和感があることが予想されるため、乗客から能動的に運行管理者に連絡するにあたっては慣れ親しんだインターフェイスである直通電話が必要ではないかと考えた。一方で現在の形式の直通電話は搭載可能箇所が限定されるので、今後は各席で移動せずに運行管理者へ連絡するための仕組み作りについても検討を行う。

また車内には身障者やお年寄りの方向けにスロープが設置されている。無人運行時における対応においては、乗客の要望に応じて機械的に自動でスロープ設置が行える機能についても必要ではないかとの声があった。

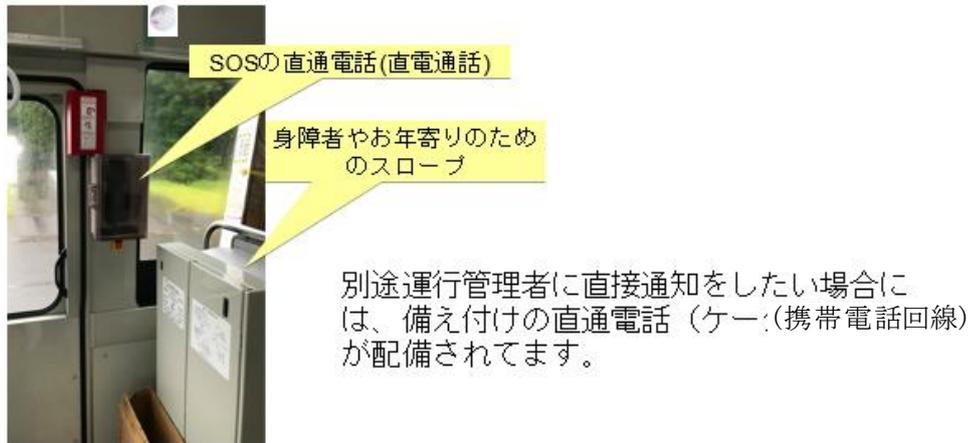


図2.2.3-9 その他の機能

3. 実証実験の実施

3.1. 走行ルート

内閣府にて指定された沖縄宜野湾市マリーナ～イオンモール沖縄ライカム間の国道58号、国道58号宜野湾バイパス、県道81号（普天間線）、国道330号の全長約20kmの走行ルートにて実証実験を実施する。なお、県道81号（上下線）に設置された路線バスのバスベイ型バス停および宜野湾マリーナ構内路に設置した仮設バス停の計3カ所にて正着実験を実施する。図3.1-1に走行ルートをしめす。



図 3.1-1 走行ルート

3.2. 実証実験運行方法

実証実験は以下の内容にて実施した。

・実施時期

平成29年12月5日～12月8日、12月11日～13日
(12月13日は予備日とした。)

3.3. 自動運転バス性能評価

3.3.1. RTK-GPSの測位精度調査

宜野湾市所在のコンベンションセンター～北中城村所在のイオンモールまでの公道にて自動走行実証実験を実施するための準備として、RTK-GPSの測位精度の調査を行った。

RTK-GPSの補正データを得るためのLTEの電界強度が走行ルートにおいて大きく低下することはないことを確認のうえ、RTK-GPSを搭載した車両で走行ルートを走行し、RTK-GPSの測位精度を検証した。検証実験に使用したGPSシステムを搭載した乗用車を図3.3.1-1に示す。GPSアンテナおよびレシーバにはTrimble社製『ZEPHYR 3 ROVER』および『BX935-INS』、RTK-GPSの補正データを受信するためのモバイルルータには従来使用してきたIDY社

製「iR700B」を使用した。GPSシステムの接続方法を図3.3.1-2に示す。

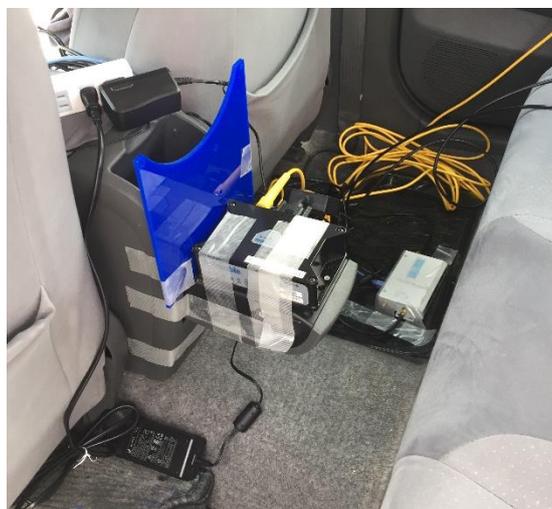


図 3. 3. 1-1 実験車両と GPS の取り付け状況

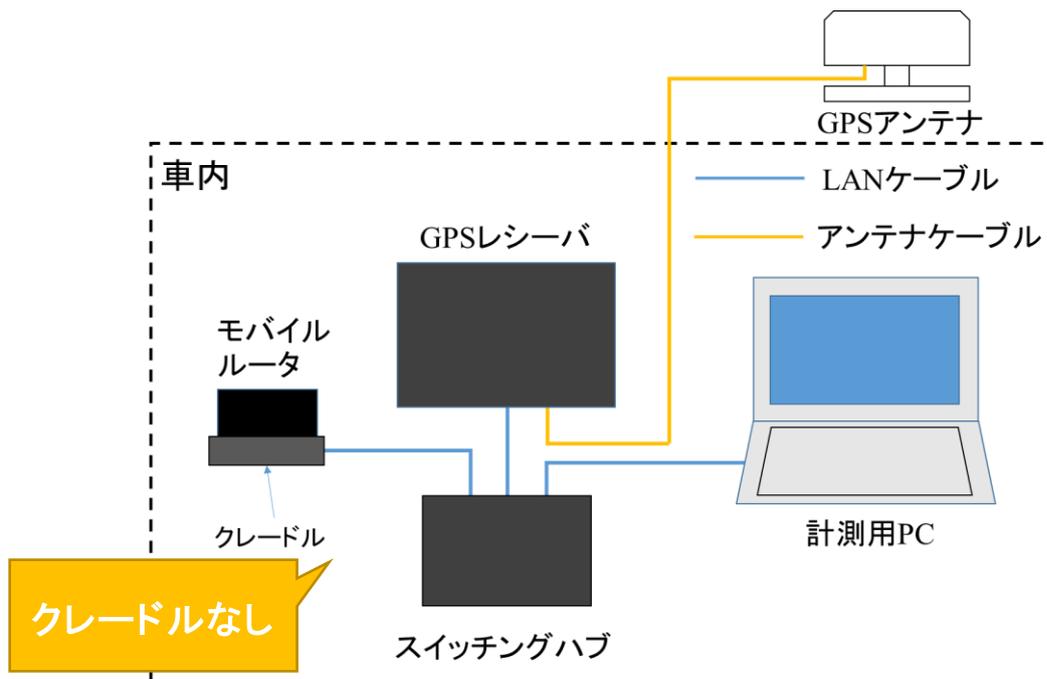


図 3.3.1-2 GPS システムの接続方法

上記の準備の下、走行ルートを往路と復路に分けて、それぞれ3回走行し測位モードを確認した。図 3.3.1-3、図 3.3.1-4、図 3.3.1-5、図 3.3.1-6 および図 3.3.1-7 はそれぞれ1回目の往路、1回目の復路、2回目の往路、2回目の復路、3回目の往路および3回目の復路の測位モードを示したものである。ここで、イオンモールを起点として、往路は南に向かうルート（コンベンションセンター行き）、復路は北に向かうルート（イオンモール行き）としている。また、測位精度が最高の状態を RTK-GPS、やや低下した状態を DGPS、最も低下した状態を SGPS として表示している。

片道約 9km の走行ルートにおいて、全体的には測位レベルは最高状態であったが、図 3.3.1-9～図 3.3.1-12 に示すように、バスの上空に物体が覆いかぶさるような地点を通過するときは、一時的に測位精度が落ちることが確認された。測位精度が落ちる時間は短時間であるが、操舵制御に対する影響の大きさは、実際にバスを用いて制御を実施することで検証する必要がある。

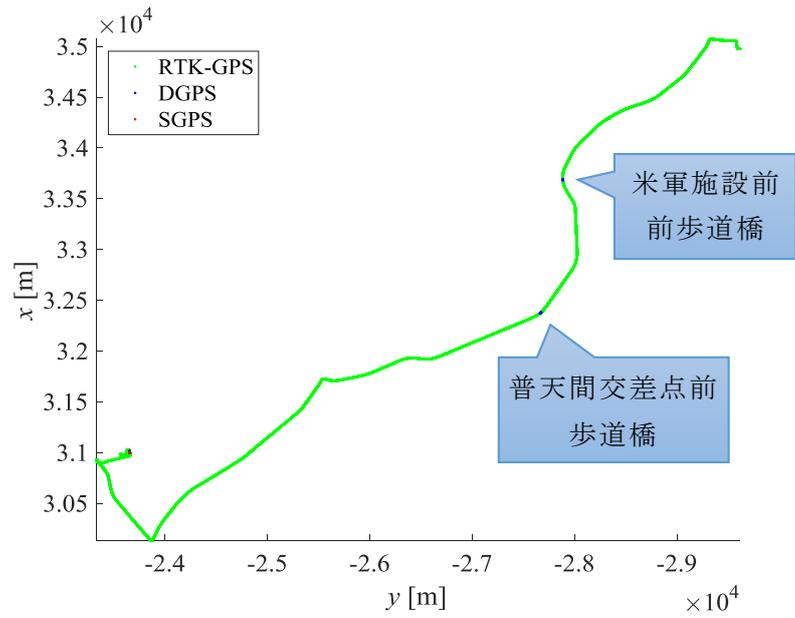


図 3. 3. 1-3 1 回目往路の GPS の測位モード

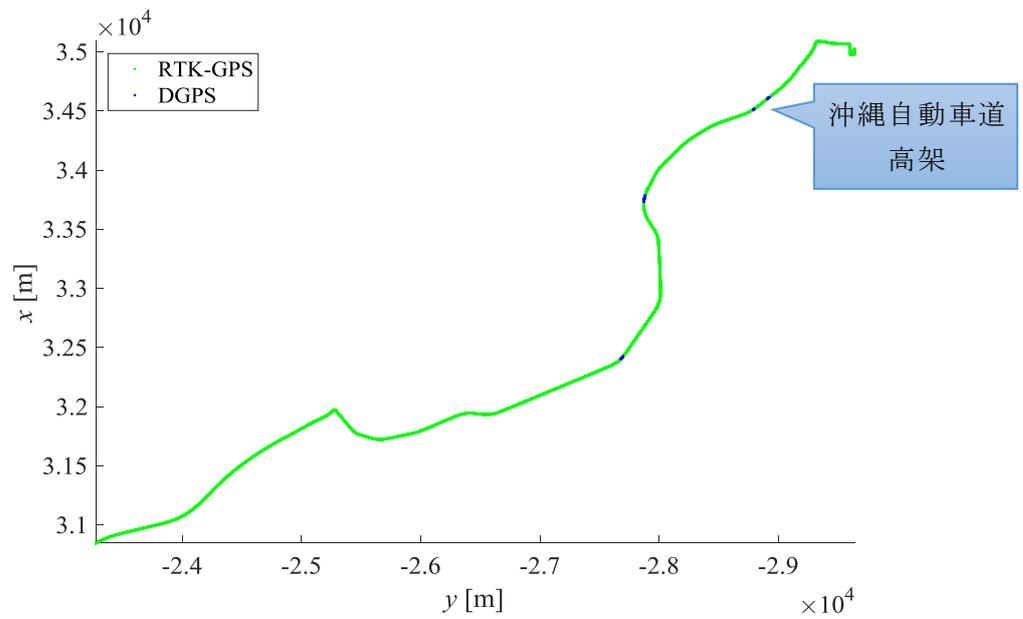


図 3. 3. 1-4 1 回目復路の GPS の測位モード

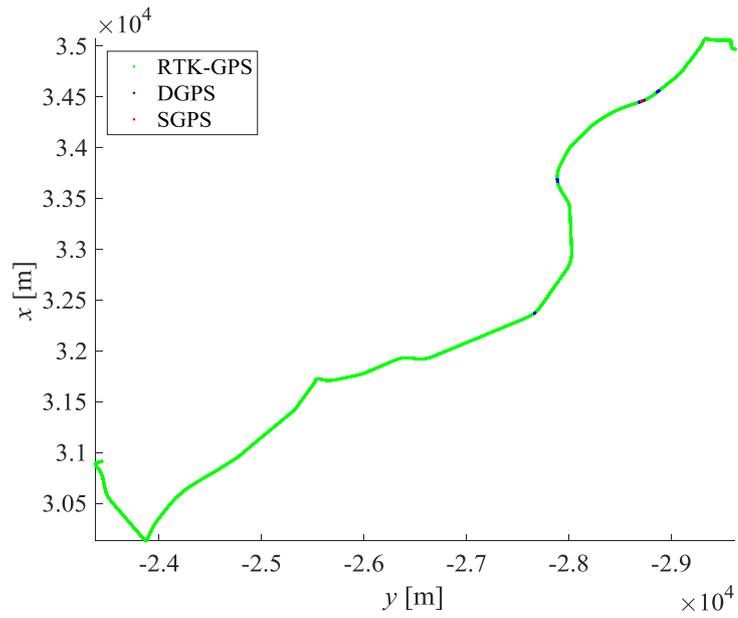


図 3. 3. 1-5 2 回目往路の GPS の測位モード

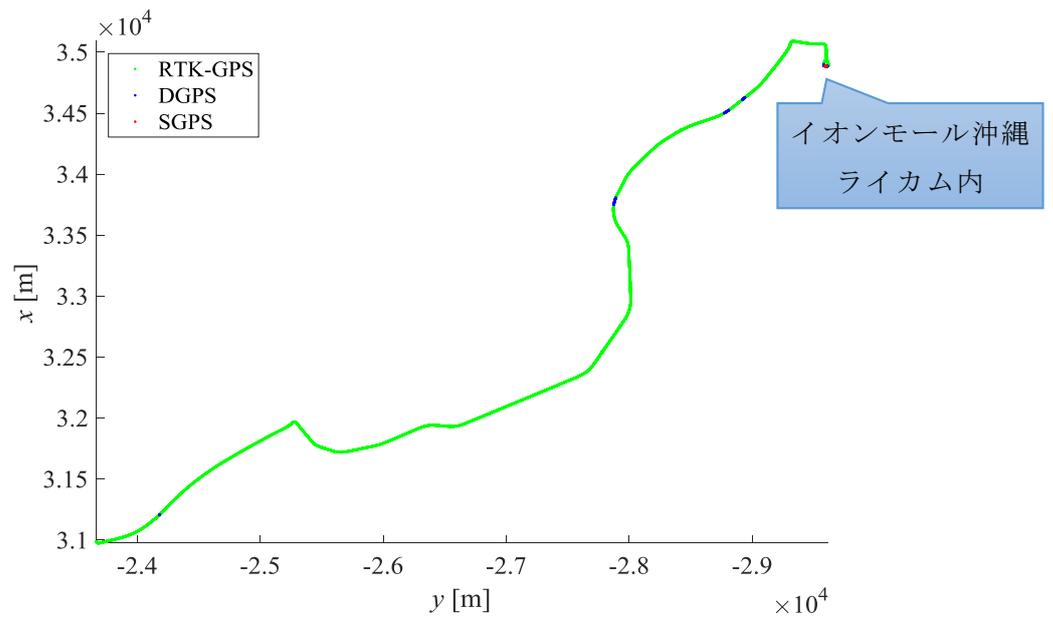


図 3. 3. 1-6 2 回目復路の GPS の測位モード

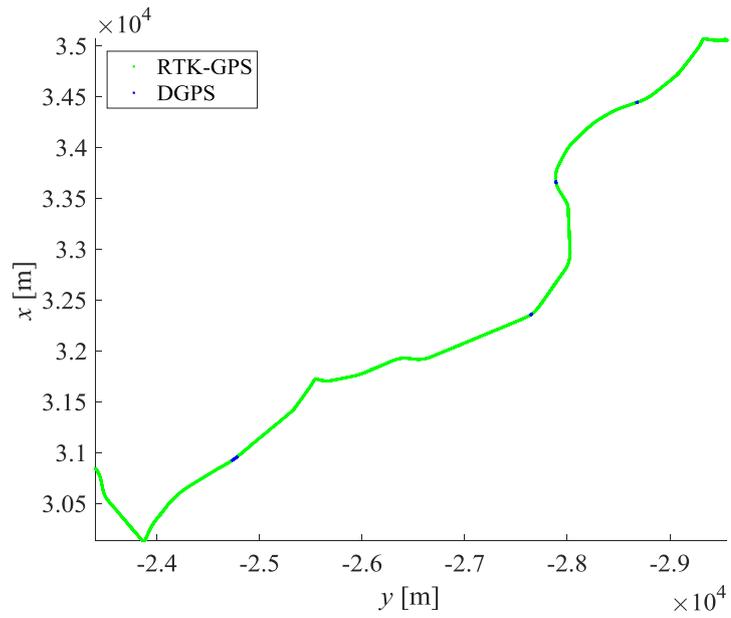


図 3. 3. 1-7 3 回目往路の GPS の測位モード

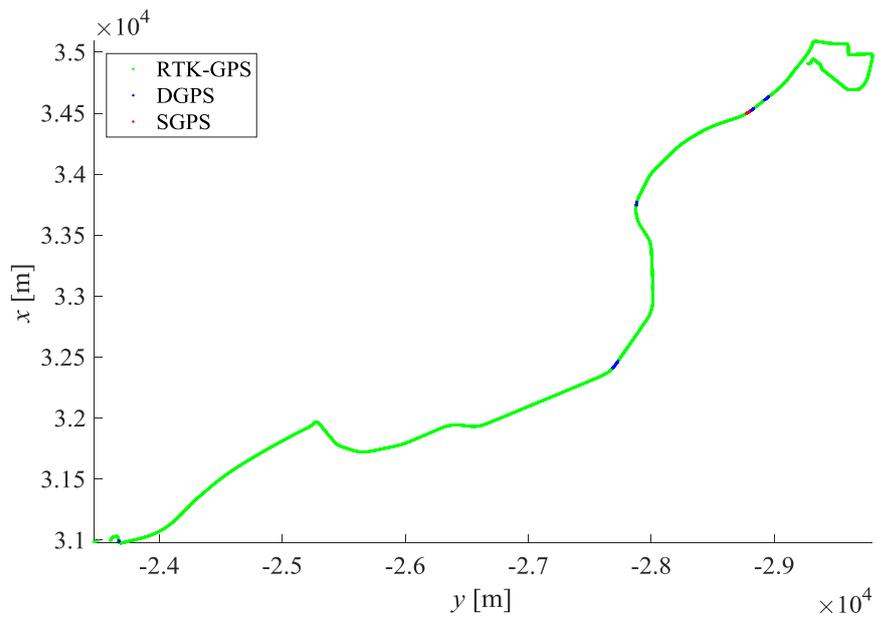


図 3. 3. 1-8 3 回目復路の GPS の測位モード



図 3.3.1-9 普天間交差点の歩道橋



図 3.3.1-10 米軍施設前の歩道橋



図 3. 3. 1-11 沖縄自動車道の高架



図 3. 3. 1-12 イオンモール沖縄ライカムのロータリー入口

3.3.2. 車線維持制御性能

本自動運転車両は、交差点での右左折を含む走行ルートに沿って自動走行するための車線維持制御機能を有する。高精度衛星測位情報を用いて走行ルートに沿った目標走行軌跡を作成し、この目標走行軌跡を追従するようハンドルを自動制御した。制御概要を図 3.3.2-1 に示す。

目標軌跡については、イオンモール沖縄ライカムを出発して宜野湾港マリーナで折り返し、イオンモール沖縄ライカムに戻ってくるまでの往復 20km の走行ルートを手動で運転して取得し、作成した。

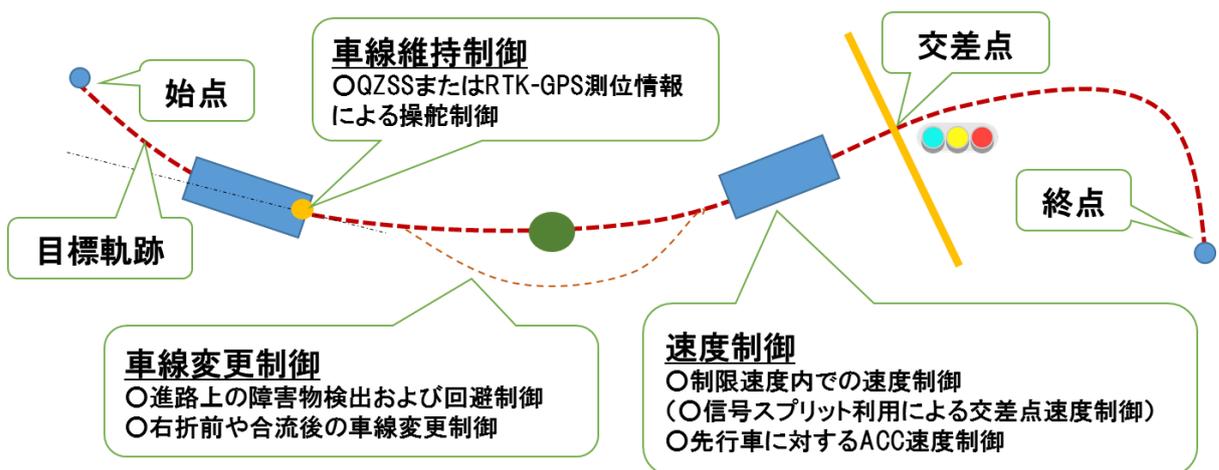


図 3.3.2-1 操舵制御および速度制御概要図

本実験での車線維持制御性能結果を表 3.3.2-1 に示す。評価は曲率の比較的小さい直線および曲線部と、曲率の大きい交差点部とに分けて行った。直線および曲線部における車線維持制御性能結果の詳細を図 3.3.2-2～3.3.2-4、交差点部の詳細を図 3.3.2-5～3.3.2-7 に示す。

直線および曲線部、交差点部における目標軌跡からの平均誤差 (e2 とする) はそれぞれ 5.6cm、9.1cm となった。また、ばらつき (3 σ) を考慮した誤差はそれぞれ 15.3cm、16.5cm となり、いずれの場合においても車線を逸脱することなく制御できることがわかった。なお、衛星測位精度が低下して車線を逸脱する恐れが生じた際には、ドライバーのオーバーライドにより対応した。

表 3.3.2-1 車線維持制御性能

	直線/曲線部	交差点部
平均誤差 [cm]	5.6	9.1
標準偏差 [cm]	5.1	5.5
ばらつき(3 σ) [cm]	15.3	16.5

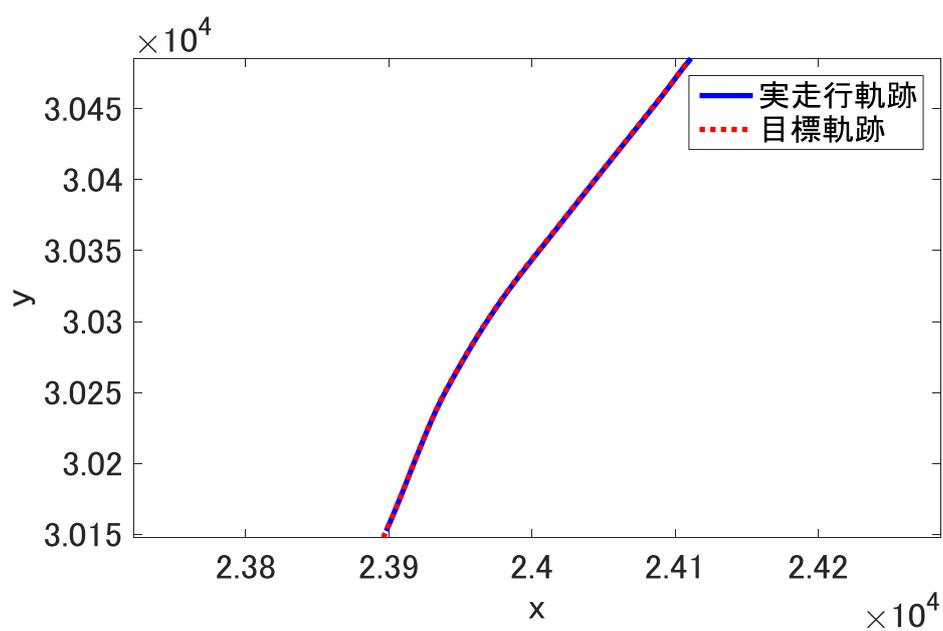


図 3.3.2-2 直線/曲線部での走行軌跡

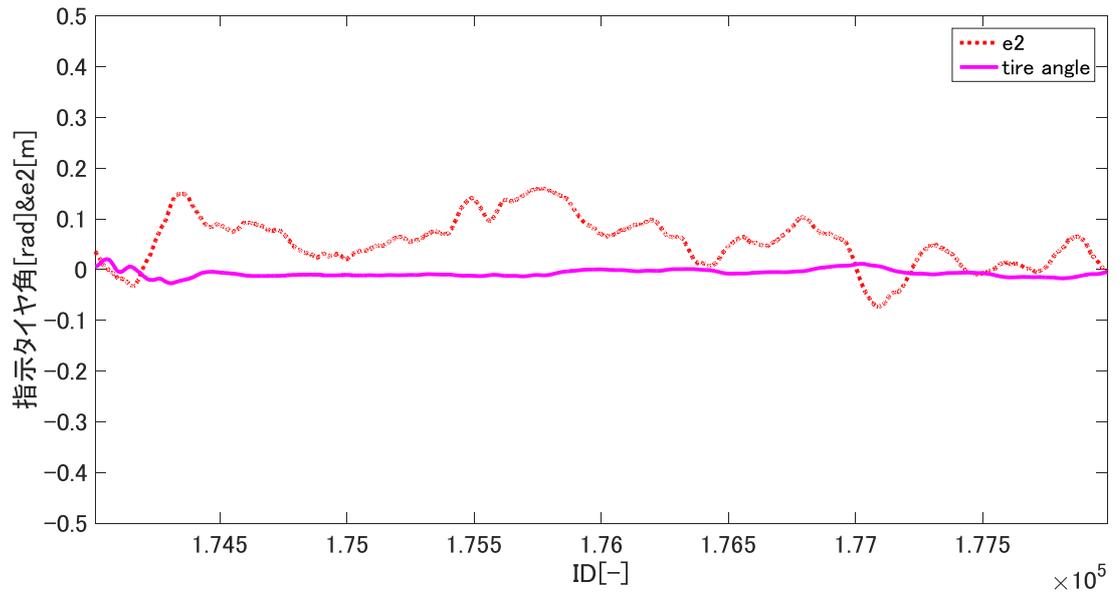


図 3.3.2-3 直線/曲線部での指示タイヤ角と誤差 e2(400m 間)

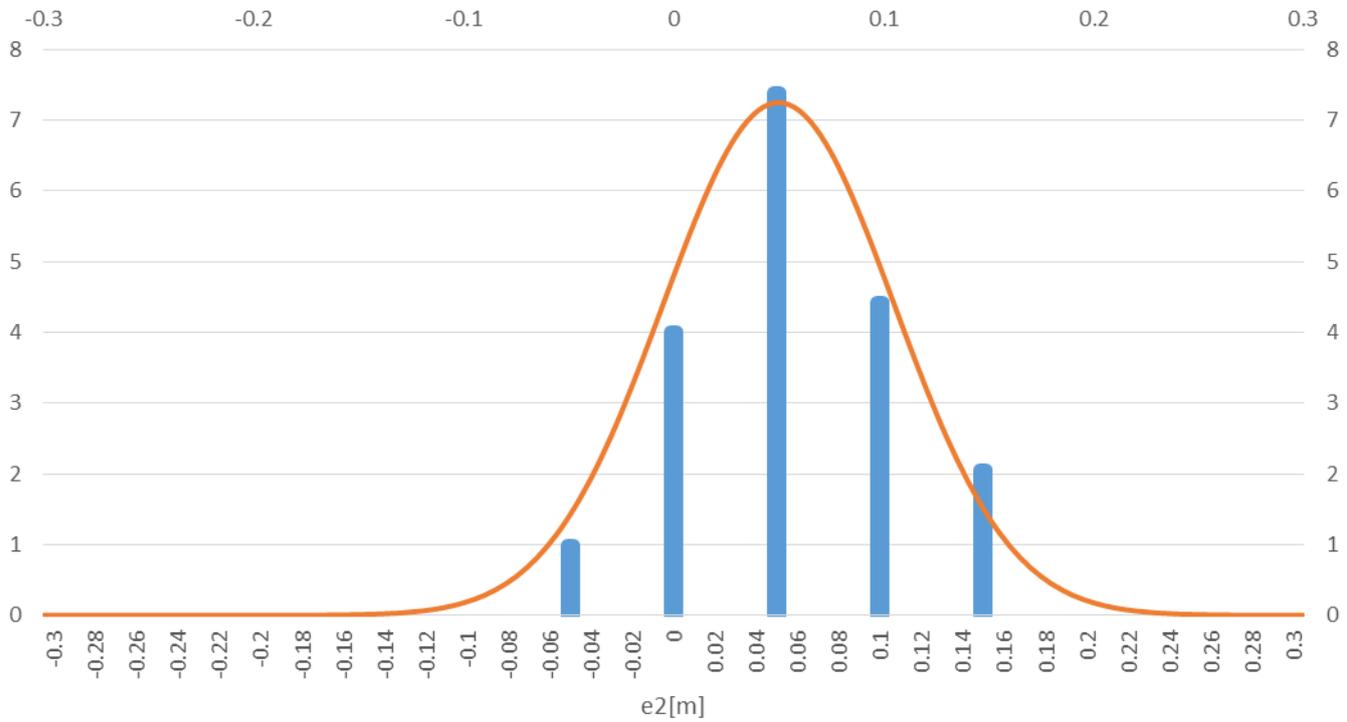


図 3.3.2-4 直線/曲線部での誤差 e2 の分布(400m 間)

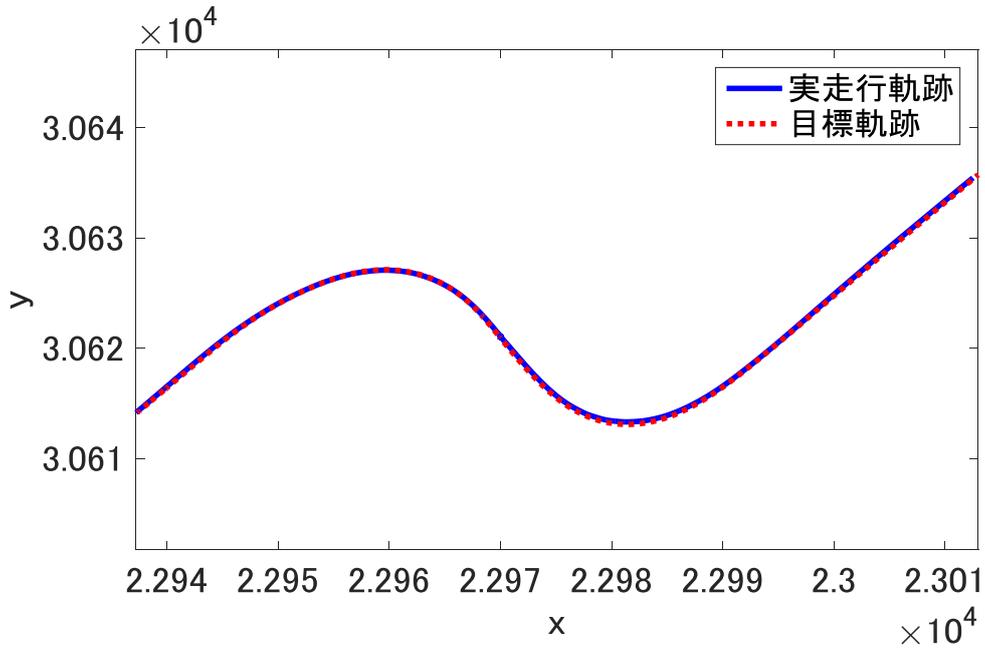


図 3. 3. 2-5 交差点部での走行軌跡

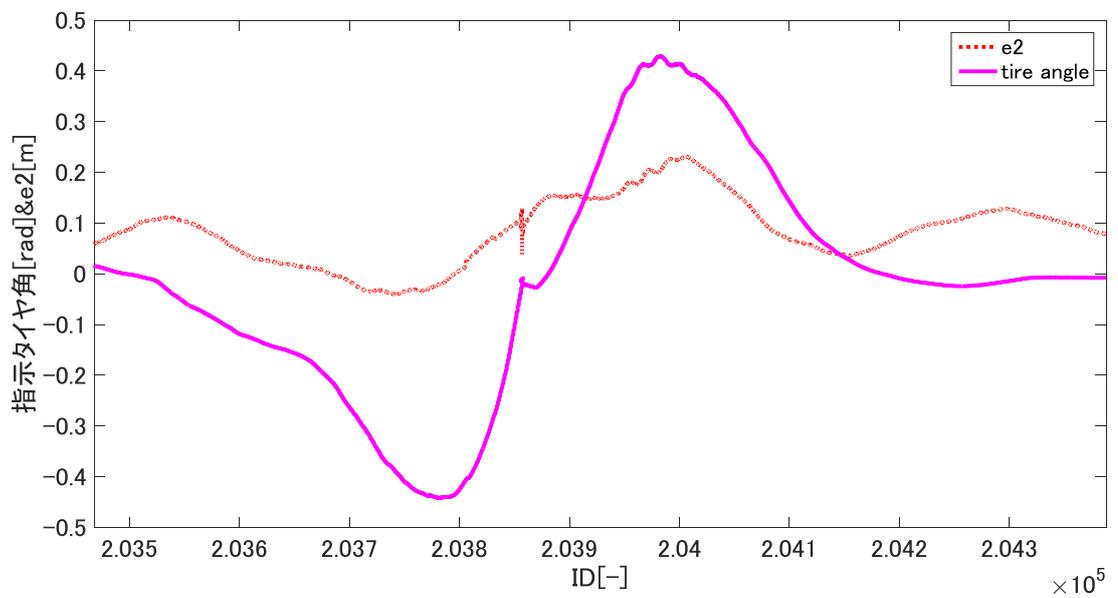


図 3. 3. 2-6 交差点部での指示タイヤ角と誤差 e2(右折→停止→左折)

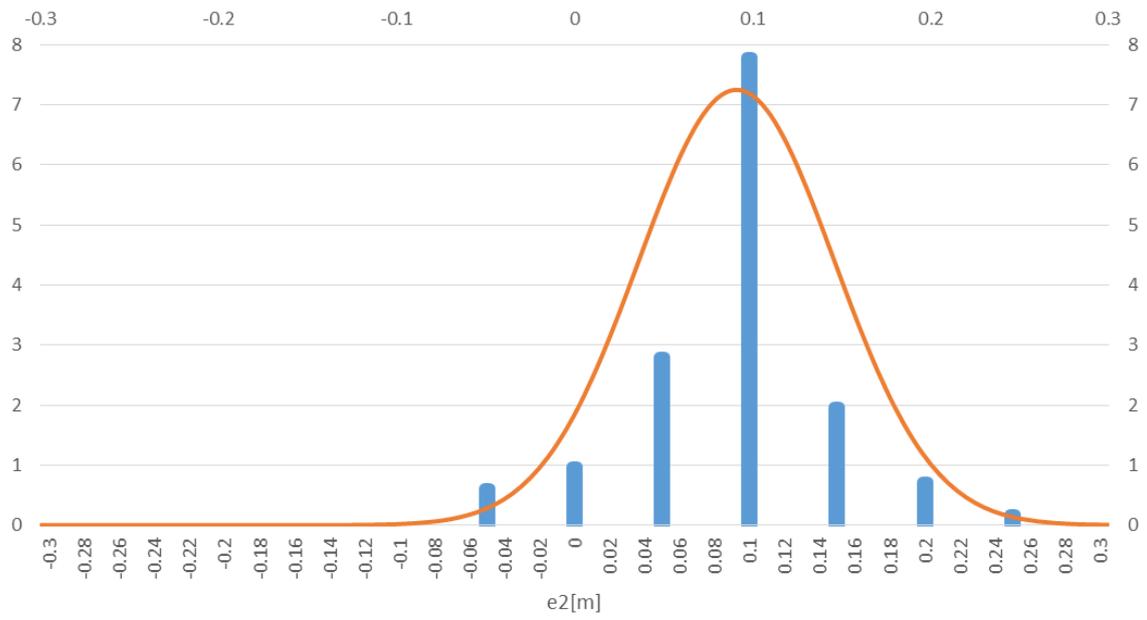


図 3.3.2-7 交差点部での誤差 e_2 の分布 (右折→停止→左折)

3.3.3. 車線維持制御のオーバーライド状況車線

車線維持制御を続けることが困難な場合には、ドライバの判断によりオーバーライドを実施した。実証実験のうち、ランダムに抽出した3往復分のデータについて、車線維持制御のオーバーライド回数をカウントし、1往復あたりの平均にした結果を表3.3.3-1に示す。1往復(約20km)あたりの車線維持制御のオーバーライド回数は平均で3.3回となった。このうち、交通量が多く2車線分車線変更をする58号線については、当初よりオーバーライドを想定していたため、これを除くと2.3回の予期せぬオーバーライドが発生したことがわかる。

表 3.3.3-1 車線維持制御のオーバーライド回数(1往復あたり平均回数)

計	車線変更	その他
3.3回	1回(58号線)	2.3回

車線維持制御のオーバーライドの代表例を図3.3.3-1および図3.3.3-2に示す。いずれのケースにおいても、車線内に大型車が停車しており、車線内を走行することが困難なため、安全のためオーバーライドを実施した。

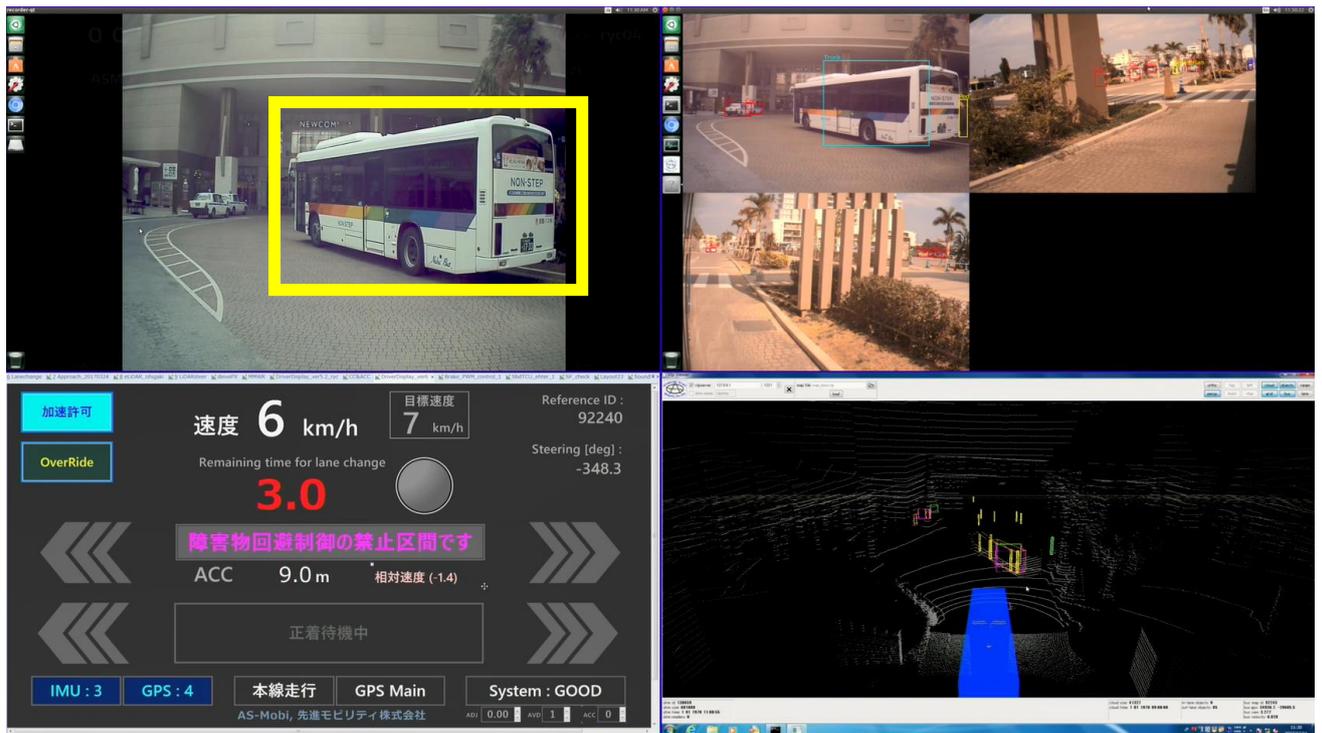


図 3.3.3-1 車線維持制御のオーバーライド例(ロータリー内)



図 3.3.3-2 車線維持制御のオーバーライド例(路肩の大型車両)

3.3.4. 速度制御性能

本自動運転車両は、図 3.3.2-1 に示す目標軌跡に対してあらかじめ設定した目標速度を実現する速度制御を有する。速度制御には、先行車に追従する制御である ACC 制御も含まれるが、ACC 制御については後述する。速度制御の制御入力は、自車位置や先行車との距離、相対速度等から算出される目標速度であり、制御出力はアクセル電圧、およびブレーキシステムに入力する指示減速度である。速度制御コントローラを図 3.3.4-1 に示す。

上記のように設計した速度制御により制御した結果を表 3.3.4-1 および図 3.3.4-2 に示す。最大オーバーシュート (OS) 量は 1.5km/h、最大アンダーシュート (US) 量は 4km/h であり、応答時間も含めて性能改善の余地は残されているが、概ね目標速度を実現できている。

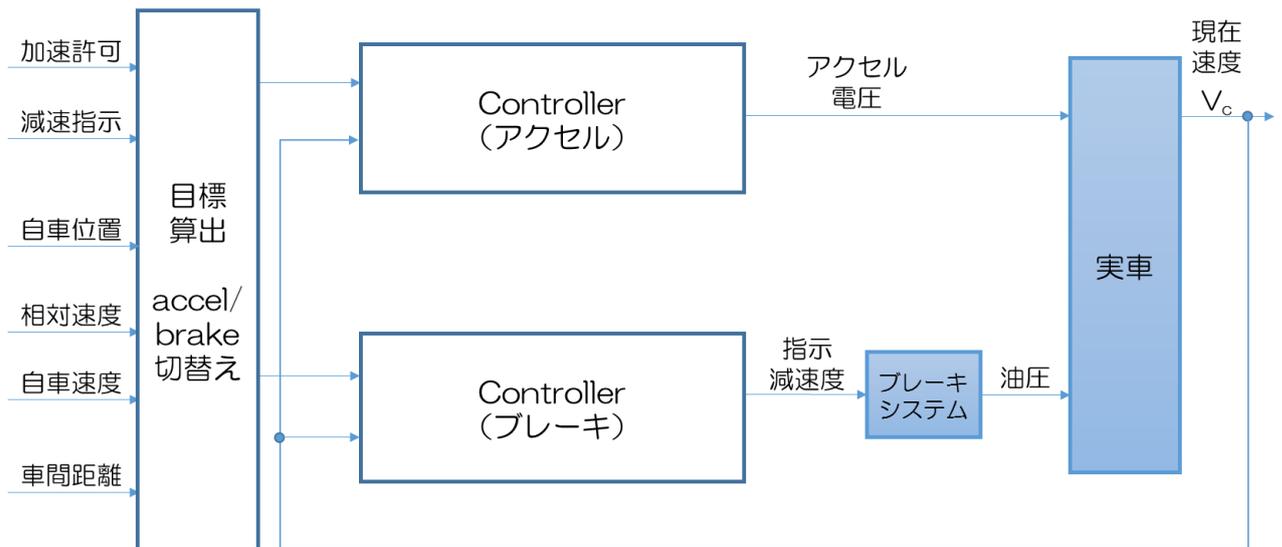


図 3.3.4-1 速度制御設計

表 3.3.4-1 速度制御性能

目標速度	0~40 [km/h]
最大加速度	0.05 [G]
最大減速度	-0.2 [G]
最大 OS 量	1.5 [km/h]
最大 US 量	4 [km/h]
収束時間	20 [s]

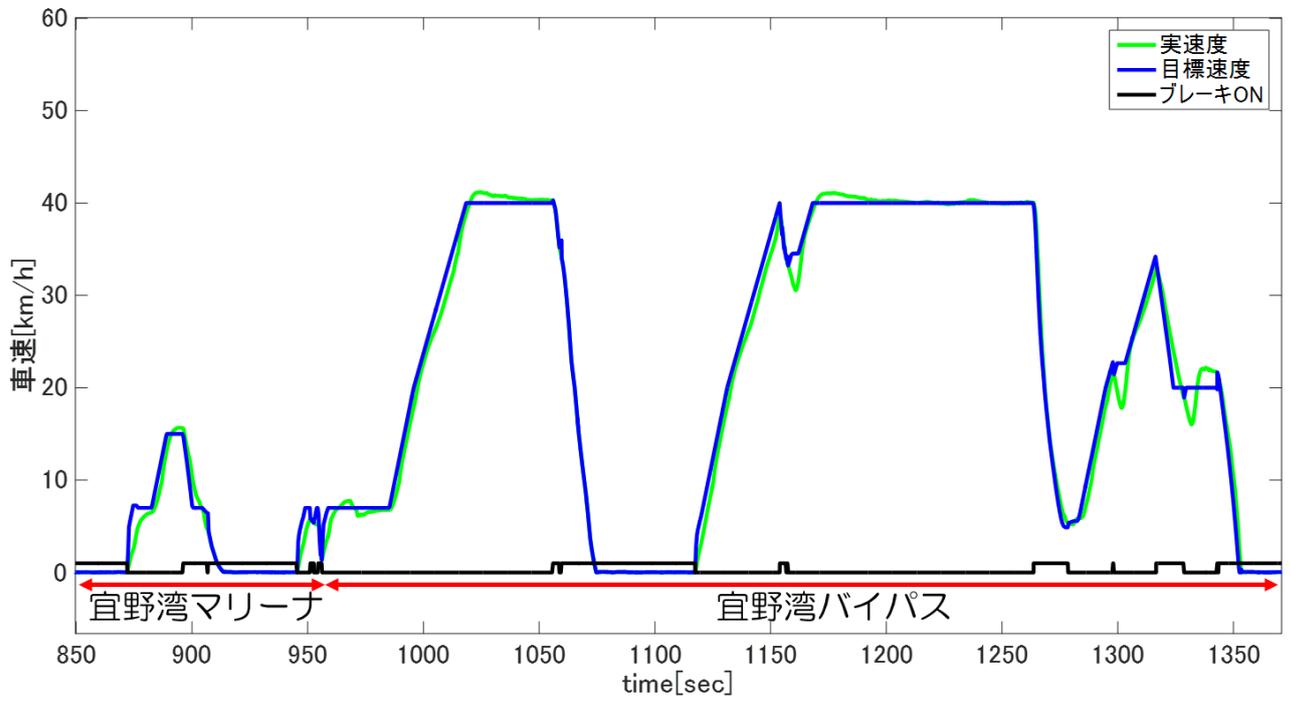


図 3.3.4-2 速度制御実施結果

3.3.5. 速度制御のオーバーライド状況

安全上ドライバが手動でブレーキを踏んだ方が良いと判断した場合には、ブレーキを踏むことにより速度制御のオーバーライドを実施した。実証実験のうち、ランダムに抽出した3往復分のデータについて、速度制御のオーバーライド回数をカウントし、1往復あたりの平均にした結果を表3.3.5-1に示す。

1往復（約20km）あたりの速度制御のオーバーライド回数は平均で16.7回となった。本実験では信号連携は行っていなかったため、赤信号時の先頭での停止はオーバーライドにより実施した。赤信号時でも先行車が止まっている場合は、ACCにより停止した。また、右折時は直進車の速度も高くリスクが大きいため、オーバーライドにより安全に発車できるタイミングを待つこととした。これらのケースを除いた速度制御のオーバーライド回数は、平均で4回であった。

車線維持制御のオーバーライドの代表例を図3.3.5-1および図3.3.5-2に示す。図3.3.5-1の例は、路肩に駐車している車両を自車線内で回避している途中に、右側車線から追い抜き車両が来たために、ドライバが安全のために速度を落としたケースである。また、図3.3.5-2は、小動物をセンサが十分に認識できずにオーバーライドしたケースである。

表3.3.5-1 速度制御のオーバーライド回数(1往復あたり平均回数)

計	赤信号	右折時	その他
16.7回	11回	1.7回	4回

3.3.6. 障害物検出性能

実証実験のうち、イオンモール沖縄ライカム - 宜野湾港マリーナ間を走行中に収集したCameraおよびLiDARデータの中から、ランダムに抽出した3往復分のデータに対してCameraによる障害物検出性能およびLiDARによる障害物検出性能を評価した。

3.3.6.1 Cameraによる障害物検出性能評価

前方カメラ、後側方カメラに関しては、ACC制御、障害物回避を行う際に必要とされる自車レーン、対向レーンに存在する最も近い対象物に対しての認識精度を評価した。前方700シーン、後側方300シーンの合計1000シーンに対して、以下の定義のもとで評価した認識率、誤認識率を表3.3.6.1-1で示す。

- ・シーン：1秒間に5フレームの間隔で取り出した連続5フレームから80フレームを1シーンとする。
- ・対象物：乗用車、大型車両
- ・未検知：対象物を検知しない事象

- ・誤検知：対象物でないものを検知する事象
- ・前方評価方法：シーン毎に、前方 50 メートル以内の自車レーンと対向車レーンの対象物に対して、各レーン毎に最も近い対象物のみに対する未検知数、誤検知数をカウントして、それぞれ式(3.3.6.1-1)、式(3.3.6.1-2)によって認識率、誤認識率を算出した。
- ・後側方評価方法：シーン毎に左右隣接レーン後側方 30 メートル以内の対象物に対して、各レーン毎に最も近い対象物のみに対する未検知数、誤検知数をカウントして、それぞれ式(3.3.6.1-1)、式(3.3.6.1-2)によって認識率、誤認識率を算出した。

$$\text{認識率}[\%] = (\text{評価フレーム数} - \text{未検出数}) / \text{評価フレーム数} \quad - (\text{式 } 3.3.6.1-1)$$

$$\text{誤認識率}[\%] = (\text{誤検出数}) / \text{評価フレーム数} \quad - (\text{式 } 3.3.6.1-2)$$

表 3.3.6.1-1 カメラによる障害物検出性能の評価結果

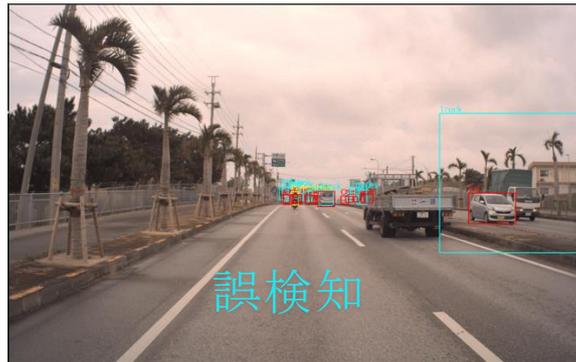
	認識率	誤認識率	シーン	フレーム数
前方カメラ	99.261	0.00013	700	7304
後側方カメラ	93.559	0.00963	300	4363

今回のカメラによる誤検知、未検知のパターンの例を図 3.3.6.1-1 から図 3.3.6.1-4 にて示す。

- ・前方、後側方カメラについて、以下の 2 パターンを参照

パターン 1：軽トラック、大型車両の誤検知、未検知（図 3.3.6.1-1 参照、図 3.3.6.1-2 参照）

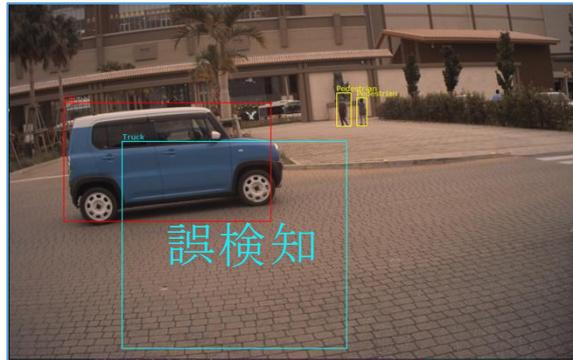
パターン 2：カメラの死角で車両が部分的になることによる未検知（3.3.6.1-3 参照、図 3.3.6.1-4 参照）



未検知



図 3.3.6.1-1 : 前方カメラ評価におけるパターン 1 の誤検知、未検知例



未検知



図 3.3.6.1-2 : 後側方カメラの評価におけるパターン1の誤検知、未検知例



図 3.3.6.1-3：前方カメラの評価におけるパターン 2 の未検知例



図 3.3.6.1-4：後側方カメラの評価におけるパターン 2 の未検知例

3.3.6.2 LiDAR による障害物検出性能評価

走行中に障害物として考慮する必要がある次の 2 つの領域に物体が存在するシーンを評価対象とした。前方評価：自車走行レーン内の前方 50[m] 以内の物体

後側方評価：隣接レーン内の後方 30[m] 以内の物体

前方評価は車線維持走行時の衝突回避のために重要な検出対象であり、低速（最高速度 40[km/h]）で走行するバスが安全に（減速時の加速度 0.2G で）停止するために必要十分な距離 50[m] 以内を評価対象領域とした。後側方評価は車線変更時の後側方安全確認として重要な検出対象である。自動車線変更時はドライバーに通知してから車線変更を開始するまで

に、ドライバ判断による車線変更キャンセル時間 3 秒を設けており、その間に相対速度 40[km/h]の追い越し車両が接近した場合でも十分検知できる距離 30[m]以内を評価対象領域とした。

評価の方法として、評価シーン毎に任意枚数の frame 画像を抽出し、式(3.3.6.2-1)によって検出率を算出した。

$$\text{検出率}[\%] = (\text{評価 frame 数} - \text{未検出 frame 数}) / \text{評価 frame 数} \quad - \quad (\text{式 3.3.6.2-1})$$

前方および後側方について、それぞれ 300 シーン（前方：65980 frame，後側方：127964 frame）を抽出し、検出率を算出した結果を表 3.3.6.2-1 に示す。また、前方評価および後側方評価における検出成功例、検出失敗例を図 3.3.6.2-1 から図 3.3.6.2-4 に示す。LiDAR の性質上、白色の車両はレーザ光の反射率が高く、遠方での検出も安定する。一方、黒色の車両はレーザ光の反射率が低く、遠方において点群を得ることができず、検出できないことがある。

表 3.3.6.2-1 LiDAR による障害物検出性能の評価結果

	検出率[%]	frame 数
前方評価	85.9	65980
後側方評価	82.1	127964

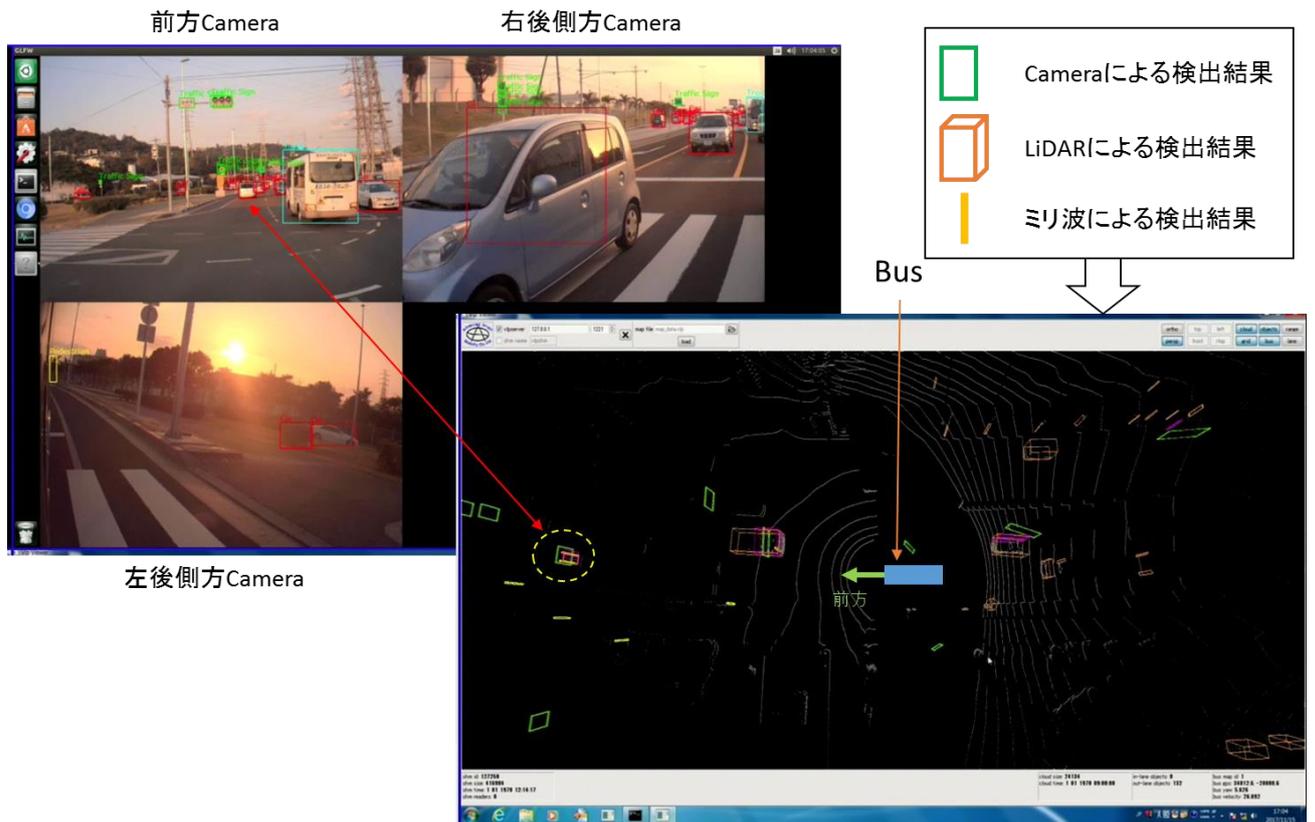


図 3.3.6.2-1 前方評価における検出成功例

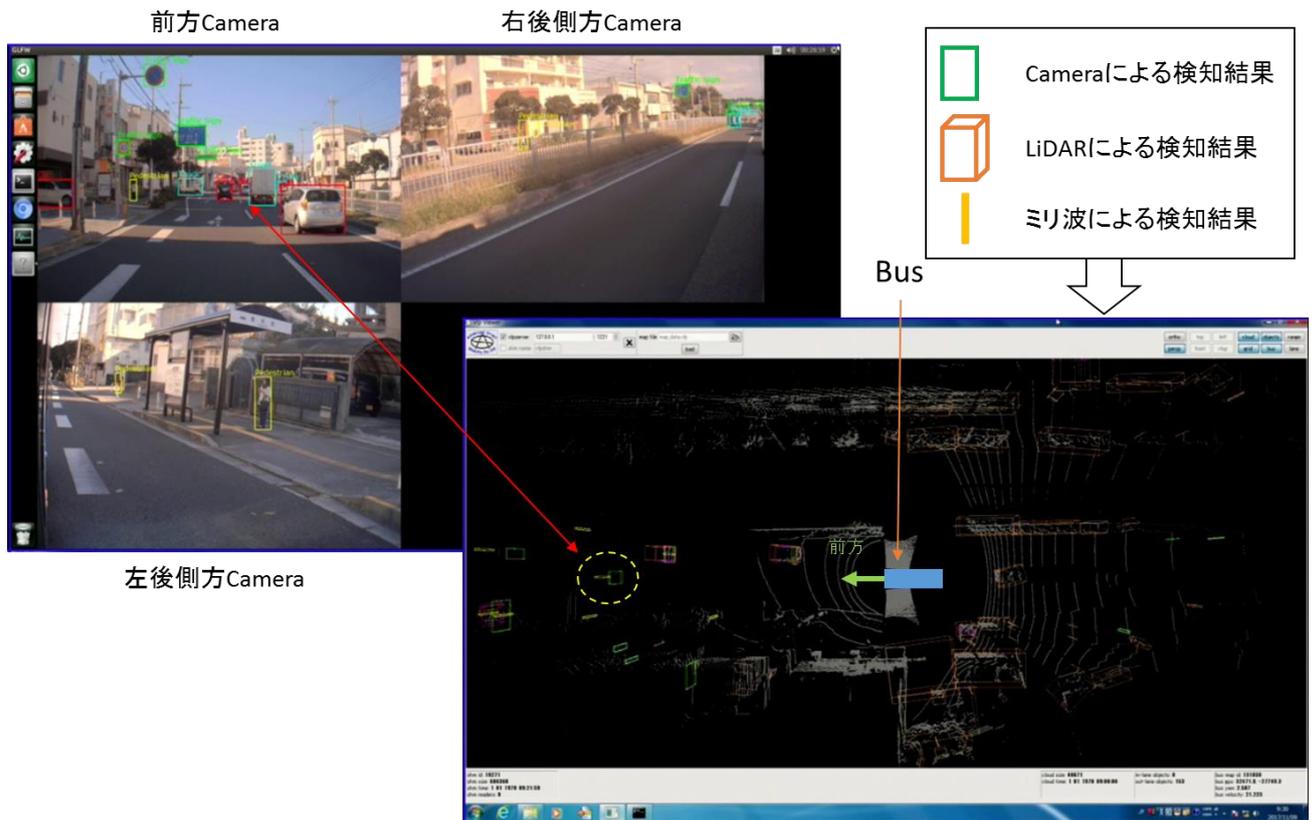


図 3.3.6.2-2 前方評価における検出失敗例

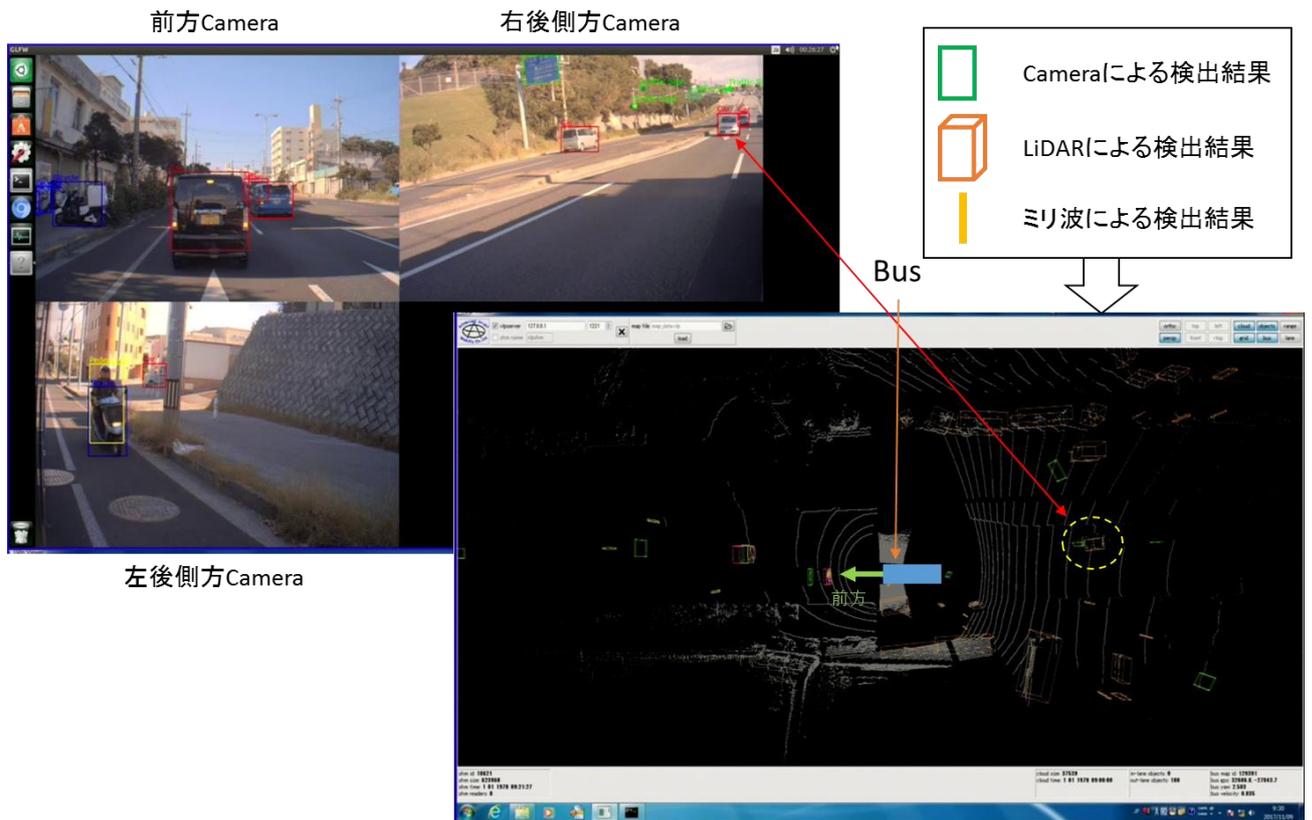


図 3.3.6.2-3 後側方評価における検出成功例

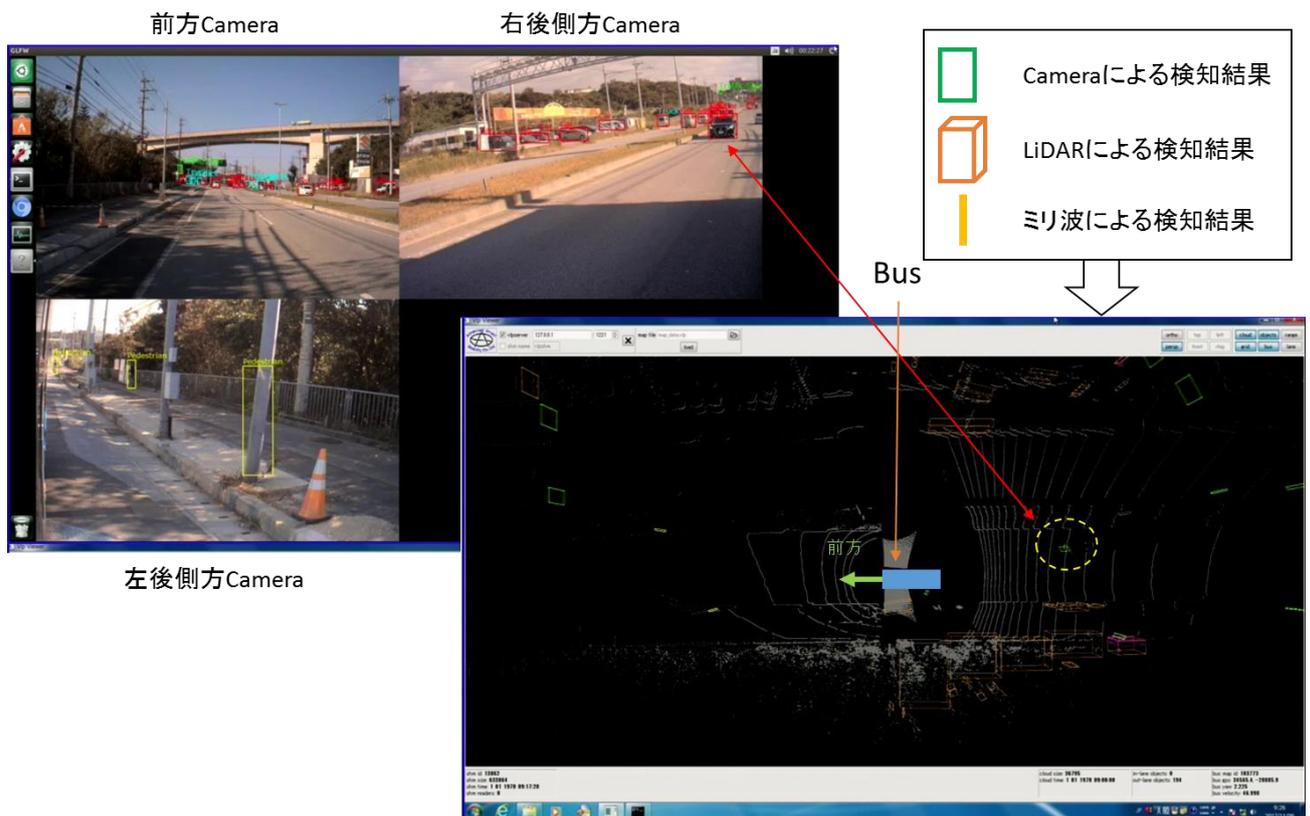


図 3.3.6.2-4 後側方評価における検出失敗例

3.3.7. デジタル地図とローカルダイナミックマッピング検出性能

本実験ではデジタル地図を用いて、現実の道路に沿った形で障害物を検出することで、従来と比べて、よりスムーズな自動運転を実現している。

従来は、自動運転バスの走行軌跡に沿って左右固定幅の範囲内を自車線として扱っていたため、走行軌跡によっては、実際の車線（白線）に対して外側あるいは内側にずれる場合があります。

- 車線外にある障害物を車線内と判定してしまい、ACC 制御により不要なブレーキが発生する。
- 車線内の障害物を車線外として判定してしまい、ACC 制御が行われずドライバーによる介入が行われる。

といった問題点が存在したが、デジタル地図により提供される白線を車線として扱うことで、より現実に沿った車線内外の判定を行っている。（図 3.3.7-1 参照）

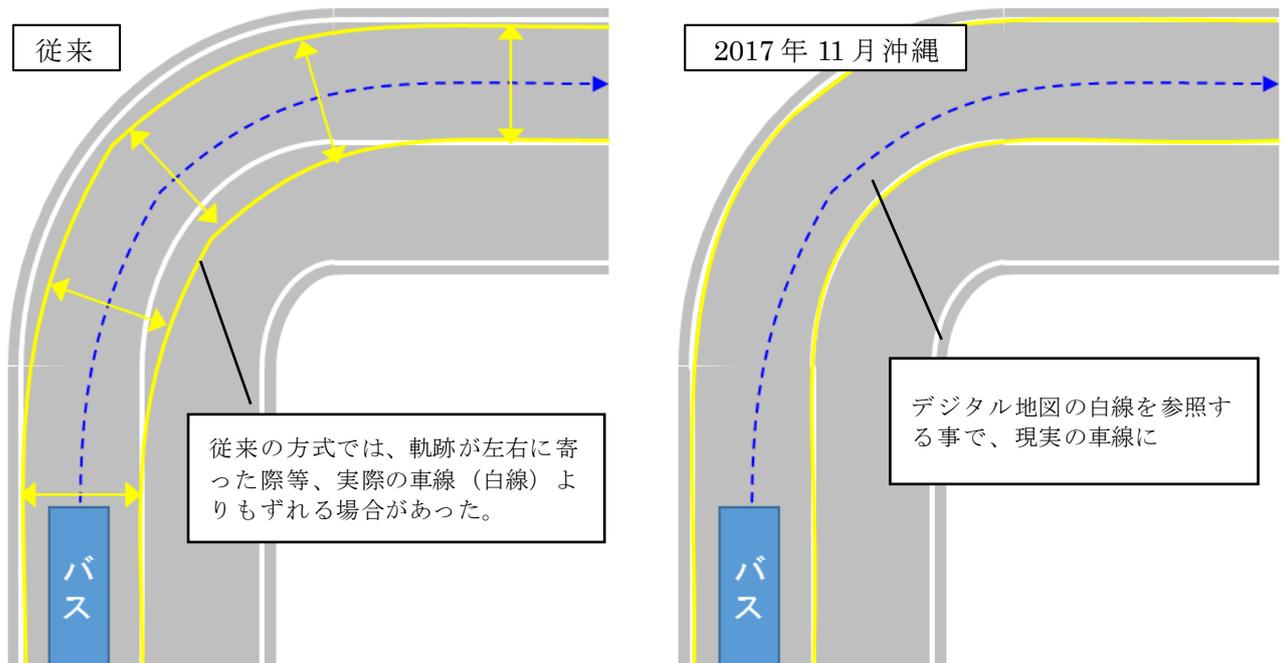


図 3.3.7-1 自動運転における車線の扱い

また、従来は道路の内外という情報を持っておらず、センサーが検知した物体（誤検知を含む）全てを単純に障害物として扱っていたが、デジタル地図を基に道路の内外を判断するための境界線を定義することで、検知した物体を自動運転に影響を与える障害物と与えない障害物に分類している。（図 3.3.7-2 参照）

この境界線により、ガードレールの外側の歩行者や中央分離帯を挟んだ車などの自動運転に直接影響を与えない障害物を除くと共に、樹木等の誤認識による影響を減らしている。（図 3.3.7-3 参照）

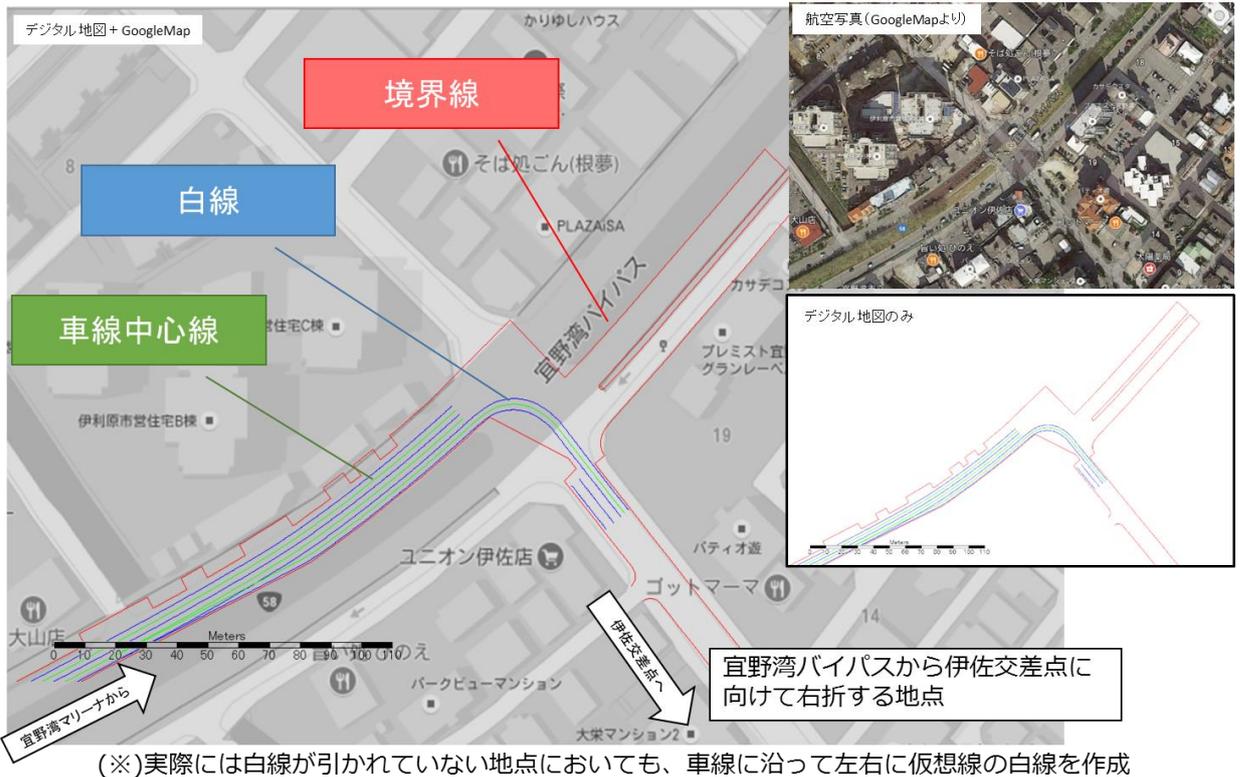


図 3.3.7-2 2017年11月に用いたデジタル地図の一部

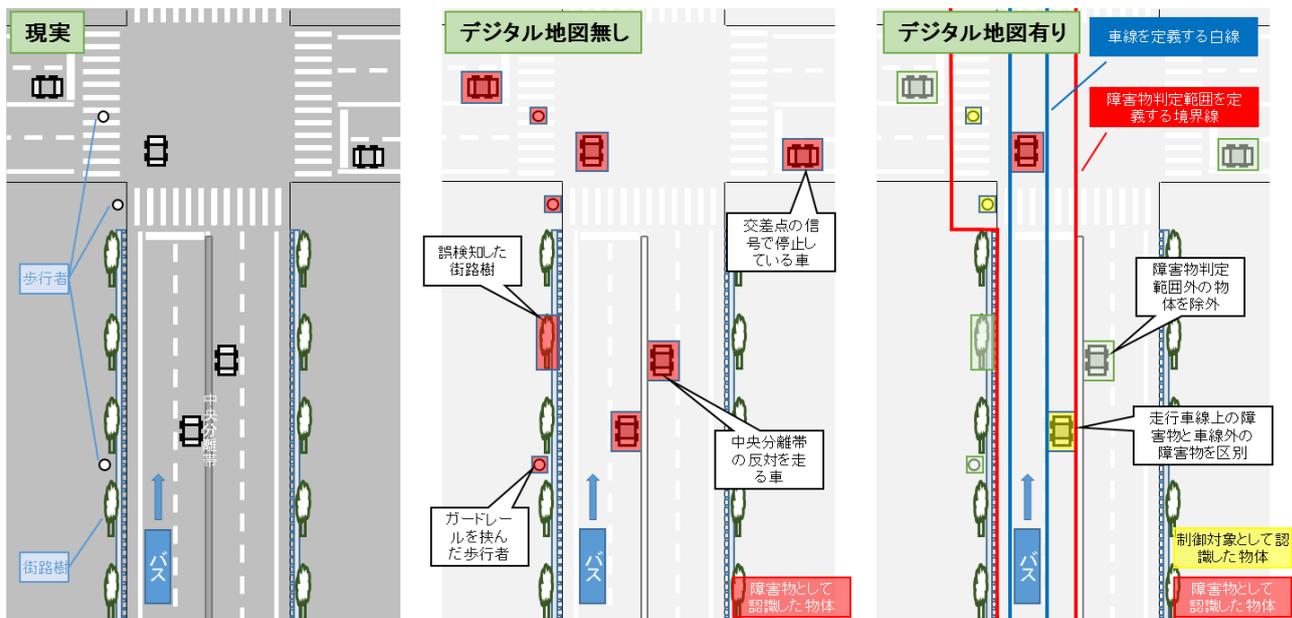


図 3.3.7-3 デジタル地図を用いた障害物の分類

結果として本実験ではデジタル地図を用いる事で ACC 制御の障害物を必要十分にフィルタリングする事で、従来と比較してスムーズな自動運転を実現している。(図 3.3.7-4 参照)

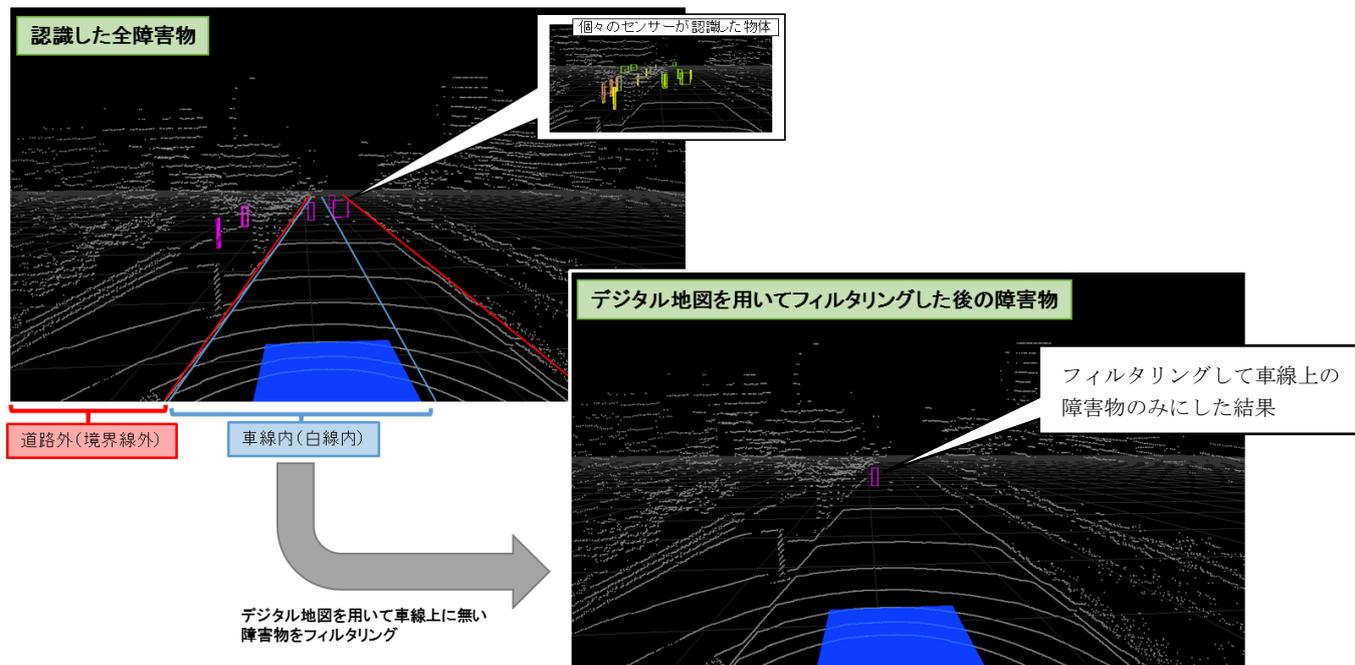


図 3.3.7-4 デジタル地図を用いた障害物のフィルタリングイメージ

以下に、従来版とデジタル地図利用版で比較した、ライカムイオン～宜野湾港マリーナ往復時の自車線上の障害物検知状況の差を示す。比較対象は ACC 制御対象となる障害物（自車線前方 50m 以内に存在し、自車との距離が近づいている（障害物の速度 < 自車の速度）障害物）の検知数及び、検知したフレーム数としている。

表 3.3.7-1 デジタル地図版と従来版による障害物検知状況の差異

	デジタル地図版	従来版	備考
検知した障害物の総数	7872 個	9126 個	1254 個 (13.7%) 削減
障害物を検知したフレーム数 (※)	6498 フレーム	6668 フレーム	170 フレーム (2.5%) 削減
A) 同一フレームにおいて 従来版のみが障害物を 検知	—	2948 フレーム	従来版では、車線上として検知する必要が無かったと考えられるフレーム数
B) 同一フレームにおいて デジタル地図版のみが 障害物を検知	2778 フレーム	—	従来版では、車線上として検知できていなかったと考えられるフレーム数

※ 総フレーム数：39218 (約 65 分、10 フレーム/秒)

3.3.8. ACC 制御性能

前述のように車両に搭載しているセンサにより検知し、デジタル地図を用いてフィルタリングした先行車に対して、ACC 制御を実施した。本実験での ACC 制御では、先行車の相対速度、車間距離および自車速度から算出した目標速度に対して追従させるようブレーキとアクセルの踏み分けを行う。

図 3.3.8-1 に ACC による減速→停止、図 3.3.8-2 に ACC による停止→発進、図 3.3.8-3 に ACC による追従時の速度変化と認識結果を示す。

図 3.3.8-1 より、赤信号で停止している先行車に対しても、目標の減速度に近い形で減速および停止できていることがわかる。停止時の車間距離は 6m 程度となった。図 3.3.8-2 より、先行車が発進した際には、安全な車間距離になってからブレーキを解除して発進していることがわかる。図 3.3.8-3 より、先行車にゆるやかに追従する際には、アクセル操作だけで追従していることがわかる。

また、センサの誤検知が発生した場合でも、その時間が短ければ、自車速度への影響は小さいことがわかる。

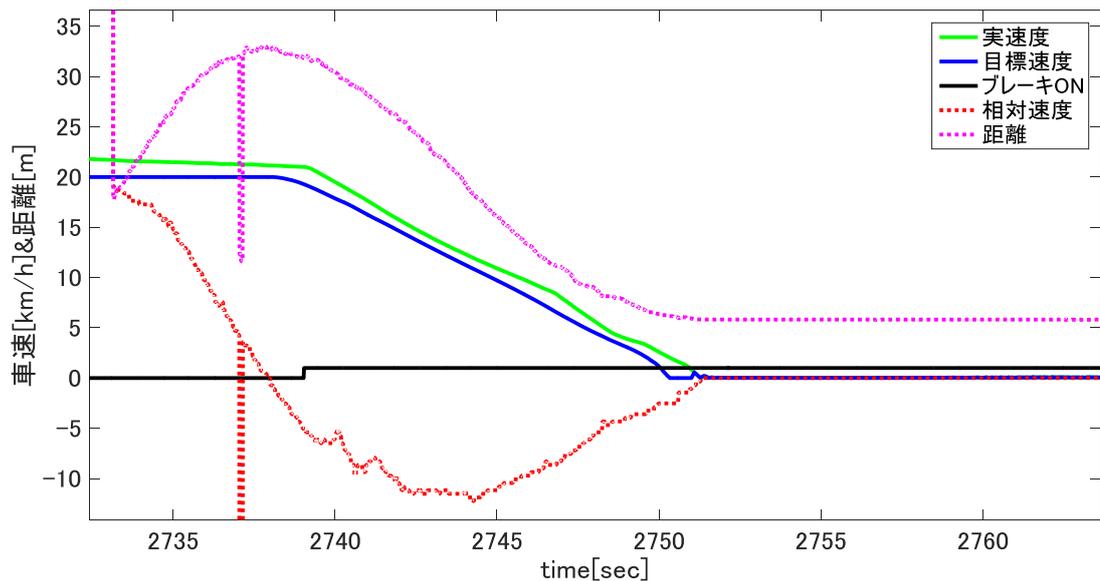


図 3.3.8-1 ACC による減速→停止

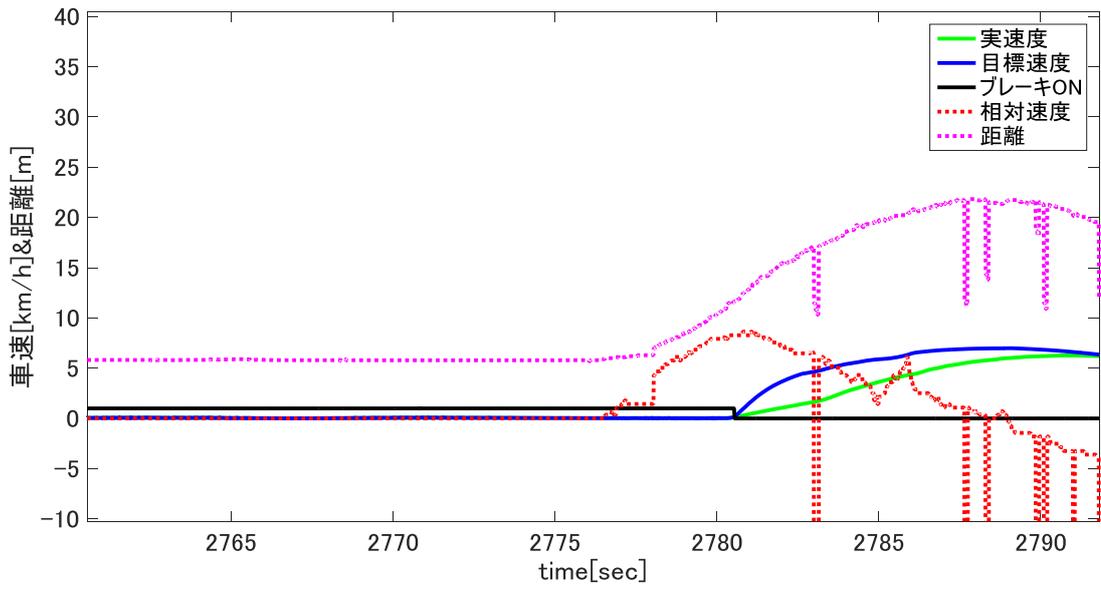


図 3.3.8-2 ACCによる停止→発進

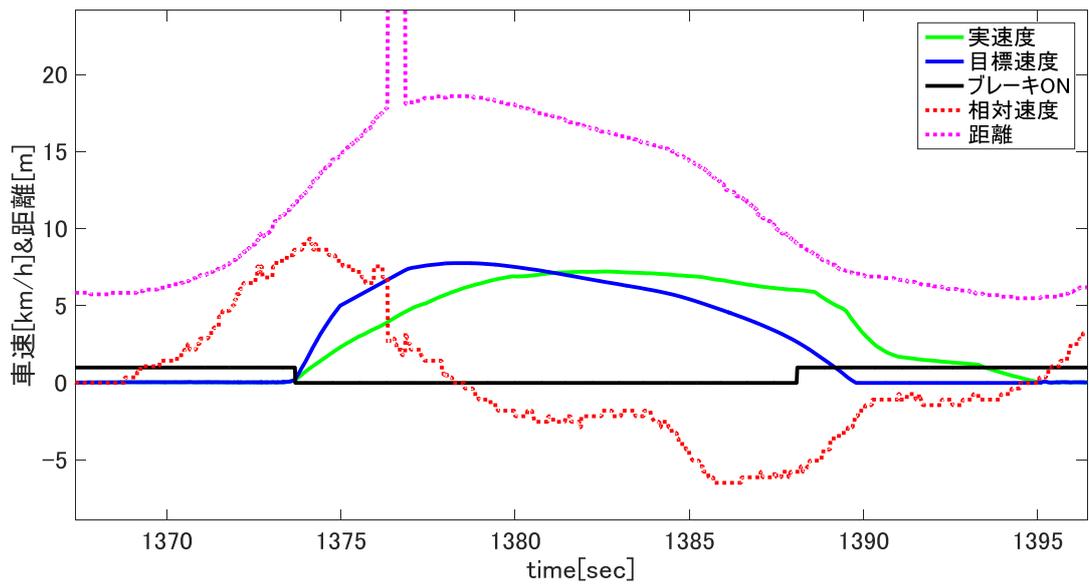


図 3.3.8-3 ACCによる追従

3.3.9. 自動車線変更制御性能（障害物回避）

路肩の停車車両を検知した際には、図 3.3.9-1 のように障害物回避制御を実施した。ただし、安全のため、障害物回避制御が開始する際にはドライバーに警告し、ドライバーの判断により障害物回避制御をキャンセルできるような仕様とした。また、障害物回避制御時の回避幅は、安全のため自車線内でおさまるように 40cm とした。

障害物回避制御を実施した結果を図 3.3.9-2 に示す。目標軌跡からの偏差（ e_2 ）より、意図通りの移動幅で障害物を回避できていることがわかる。

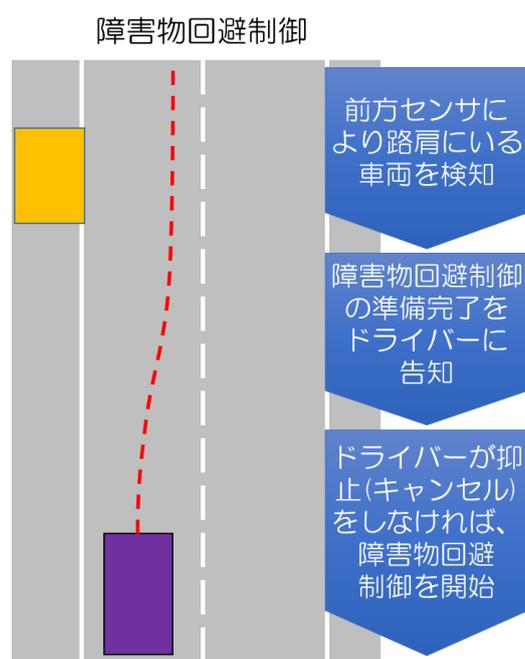


図 3.3.9-1 障害物回避制御概要図

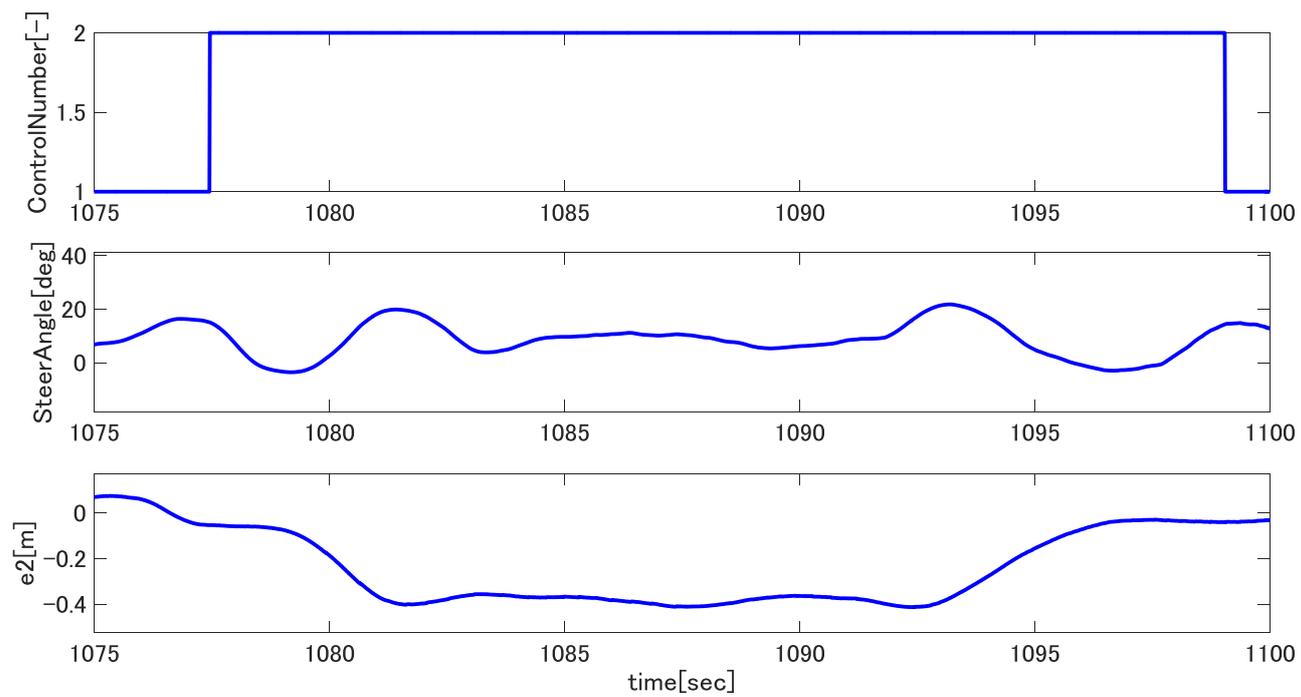


图 3.3.9-2 障碍物回避制御实施结果

3. 3. 10. 自動車線変更制御性能（右折対応）

右折前には右車線に変更する必要があるため、図 3. 3. 10-1 のように車線変更制御を実施した。ただし、安全のため、障害物回避制御と同様に、ドライバーの判断により車線変更制御をキャンセルできるような仕様とした。また、車線変更幅については、道に合わせた量となるため場所によって異なる。

右車線変更制御を実施した結果を図 3. 3. 10-2 および図 3. 3. 10-3 に、左から合流した車線に移るために、左車線変更制御を実施した結果を図 3. 3. 10-4 および図 3. 3. 10-5 に示す。走行軌跡および操舵角より、滑らかに車線変更が実施できていることがわかる。

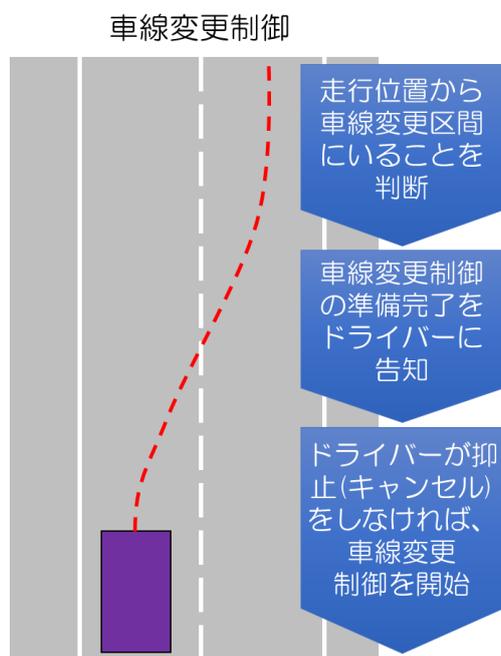


図 3. 3. 10-1 車線変更制御概要図

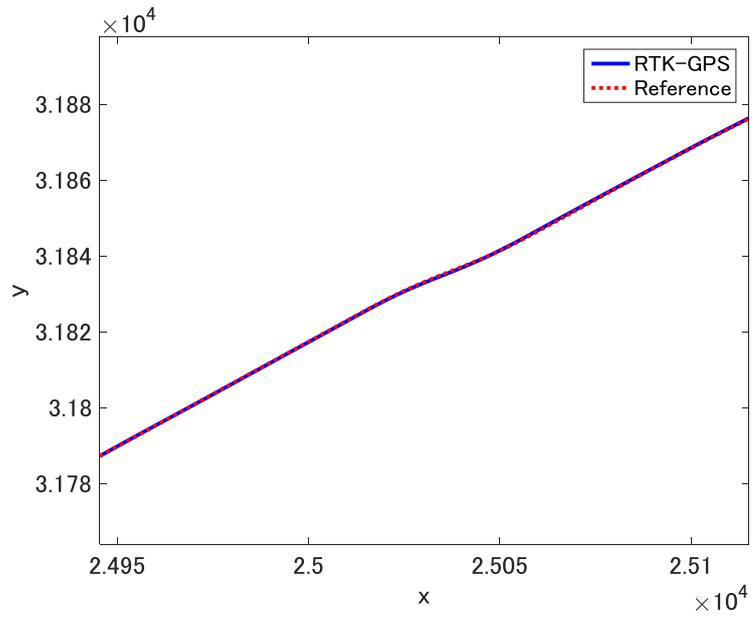


図 3. 3. 10-2 右車線変更中の目標軌跡(Reference)と実軌跡(RTK-GPS)

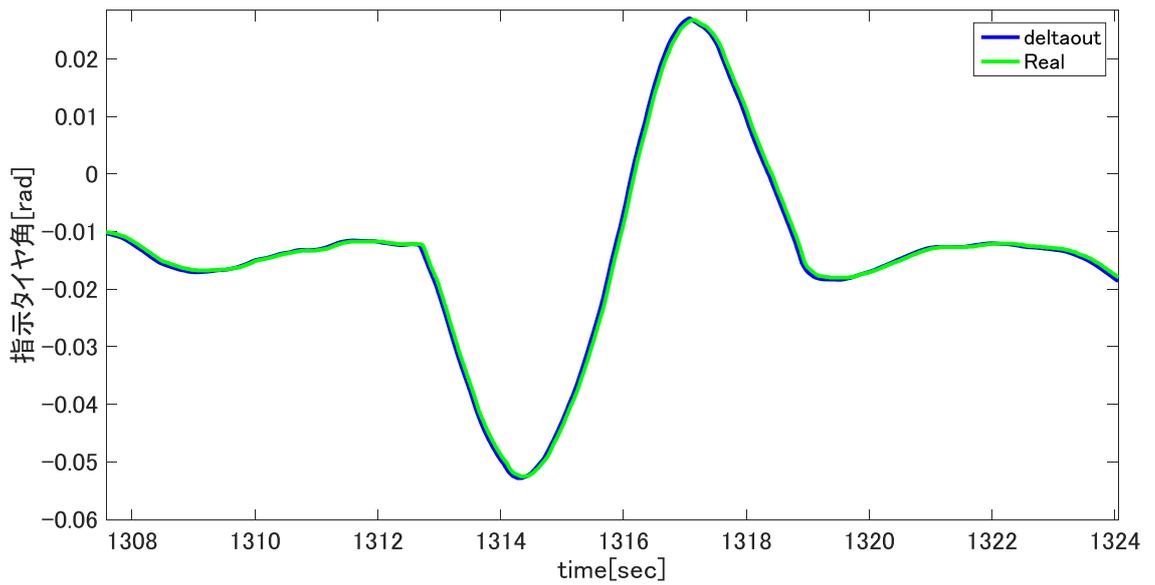


図 3. 3. 10-3 右車線変更中の指示舵角(deltaout)と実舵角(Real)

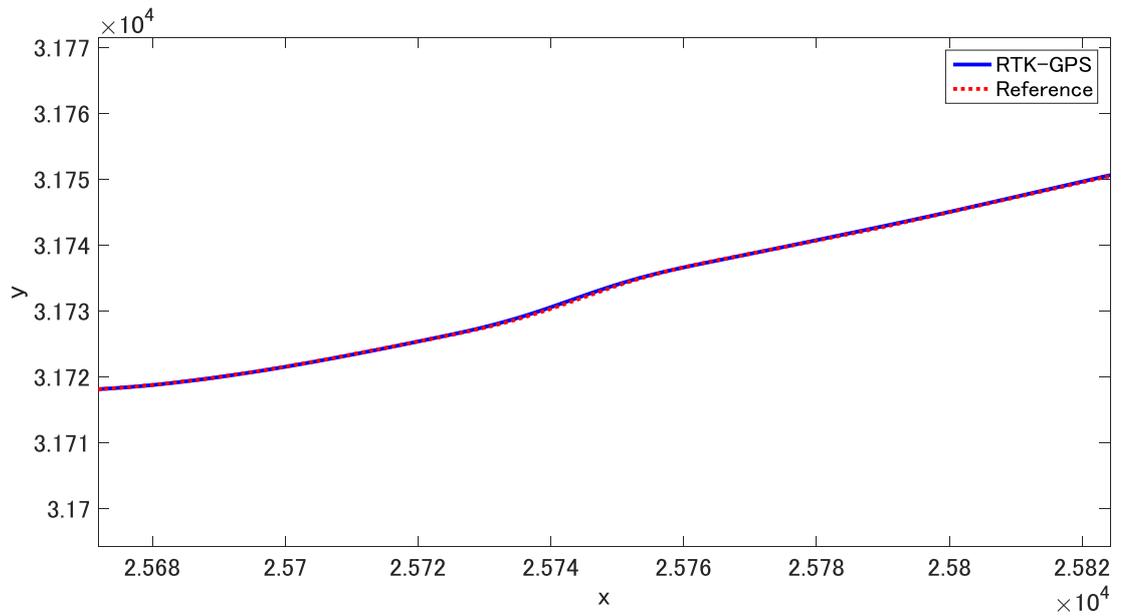


図 3. 3. 10-4 左車線変更中の目標軌跡(Reference)と実軌跡(RTK-GPS)

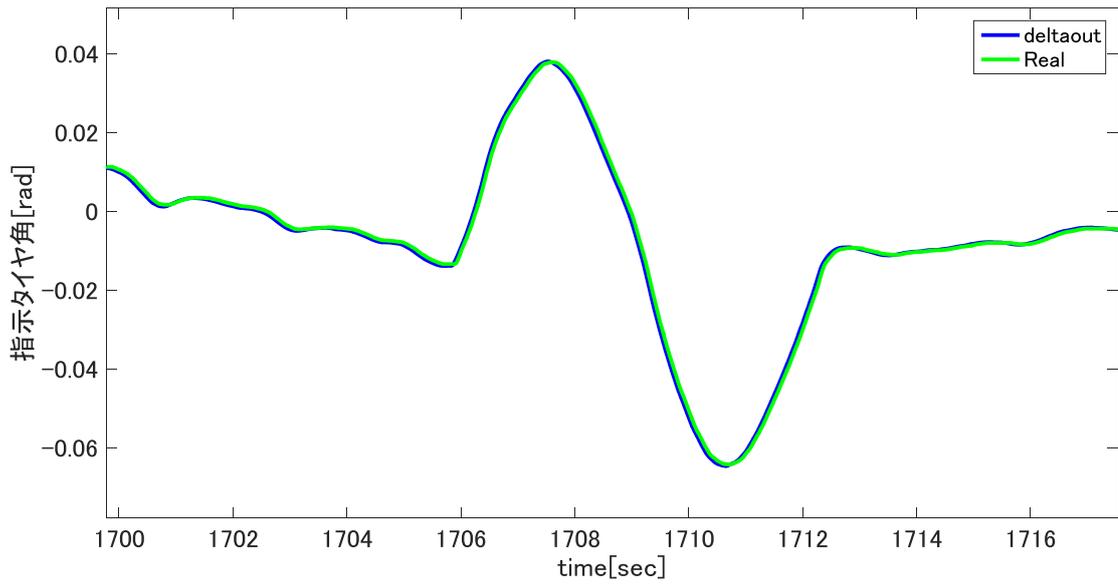


図 3. 3. 10-5 左車線変更中の指示舵角(deltaout)と実舵角(Real)

3.3.11. 正着制御性能

バス停に正しく到着する制御機能を、正着制御と呼んでいる。

本実験においては路線バスのバス停でもある“普天間入口バス停 (①、③)”および“宜野湾港マリーナ臨時バス停 (②)”，計3箇所において正着制御実験を行った。それぞれのバス停の概要を表 3.3.11-1 に示す。また、図 3.3.11-1 にルート上のバス停位置と概観を示す。

普天間入口バス停 (①、③) については、RTK-GPS の測位情報を利用した操舵制御により正着制御を実施した。また、宜野湾港マリーナに臨時で設置したバス停 (②) については、事前に磁気マーカを敷設し、これを磁気センサで読み取る自己位置推定手法を利用した操舵制御により正着制御を実施した。

なお、本実証実験においては磁気マーカ区間でも GPS と磁気マーカを複合的に利用した。つまり、磁気マーカを GPS の補償機能として利用した例といえる。

表 3.3.11-1 正着制御実験で停車したバス停の概要

	名称	バス停のタイプ	正着手法	進入距離	寄せ幅
①	普天間入口(下り)	バスベイ型	RTK-GPS	35 m	2.8 m
②	宜野湾港マリーナ (臨時設置)	ストレート型	磁気マーカ 磁気センサ	33 m	1.0 m
③	普天間入口(上り)	バスベイ型	RTK-GPS	33 m	3.0 m

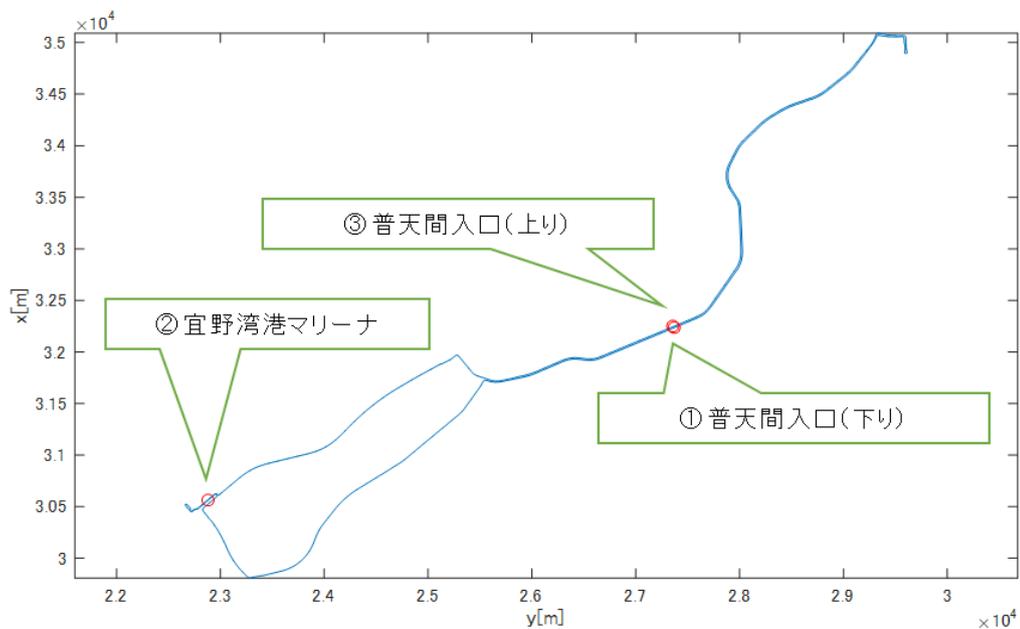


図 3.3.11-1(a) バス停位置



図 3. 3. 11-1 (b) 普天間入口 (下り) バス停



図 3. 3. 11-1 (c) 宜野湾港マリーナ (臨時設置) バス停



図 3.3.11-1 (d) 普天間入口 (上り) バス停

正着制御のシステムフローを図 3.3.11-2 に示す。正着制御への切り替えは、本線（規定コース）の車線維持制御による走行中から、正着開始点情報を開始条件とし、車両制御状態をシームレスに移行できるようにシステムを構築した。また、正着制御の開始時には、バス停ごとの減速区間の直線方向距離と幅寄せ距離、停留区間の直線方向距離、加速区間の直線方向距離と幅寄せ距離を停車までの距離といった情報に応じて、正着制御開始からの累積走行距離に対応する軌跡情報を瞬時に生成できるようにシステムを構築した。

正着制御開始後は、RTK-GPS もしくは磁気センサを用いて車両位置、車両ヨー角を推定しながら操舵FB制御した。スピードについても、正着目標地点（仮想バス停）までに減速して完全停車するように速度制御（減速制御）した。

なお、今回停車したバス停付近の縁石が比較的高いものであった。一方、使用したバス車両はドアが外側に飛出る（10cm 弱）タイプであった。このため、接触するリスクを鑑み縁石に対しては余裕を持たせて停車させることとした。

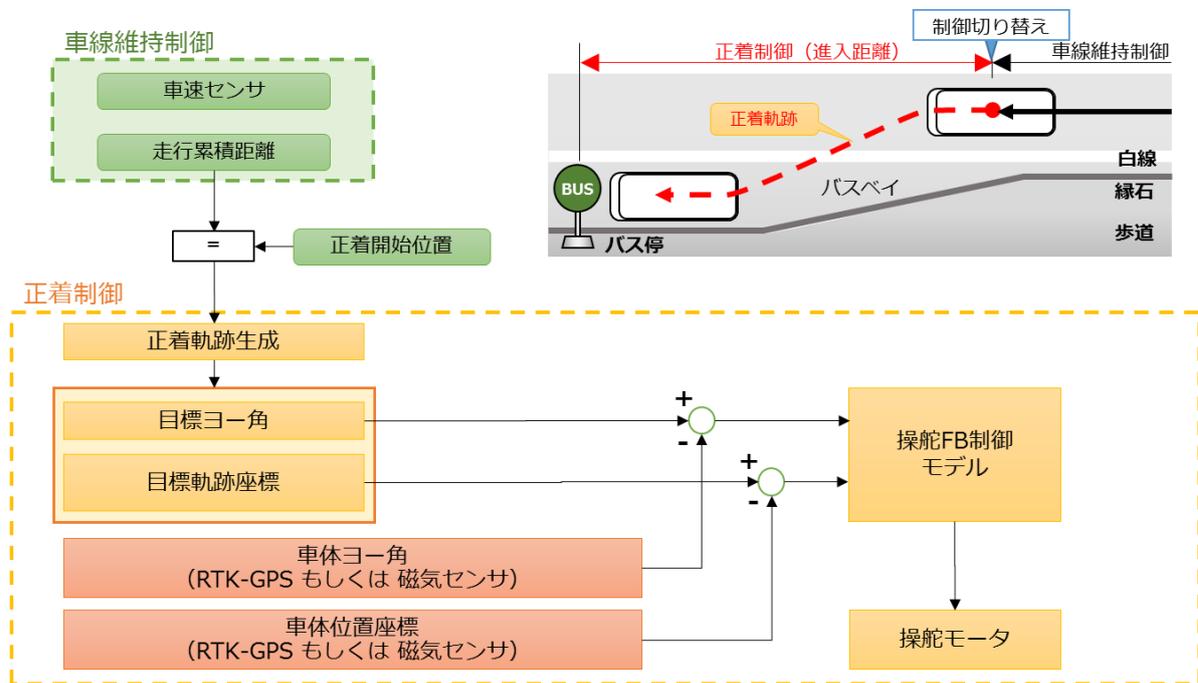


図 3.3.11-2 正着制御のシステムフロー

RTK-GPS による測位を利用した場合の正着精度は、車線維持制御（3.3.2 節）と同様、約 16cm 程度となる。

磁気マーカおよび磁気センサによる自己位置推定手法を利用した正着制御における、横偏差量の変化を図 3.3.11-3 に示す。また、宜野湾港マリーナの臨時バス停に停車した際の様子を図 3.3.11-4 に示す。正着制御開始時には横方向偏差で±10cm 程度のバラツキを有するが、停止位置では約±5cm とできることが分った。一方、縁石側に寄るケースも見られ、初期状態（正着制御開始時の進入状態）の影響を受けていることが考えられる結果となった。

磁気マーカを利用した場合の正着精度を表したものを図 3.3.11-5 に示す。本実験では +8cm ~ -2cm となったが、バラツキの片側が多く現れた結果である可能性があり、磁気マーカを利用した場合の正着精度は ±8cm 程度の実力と考えられる（なお、進入状態の影響を強く受けていると考えられるケースは除いて評価した）。

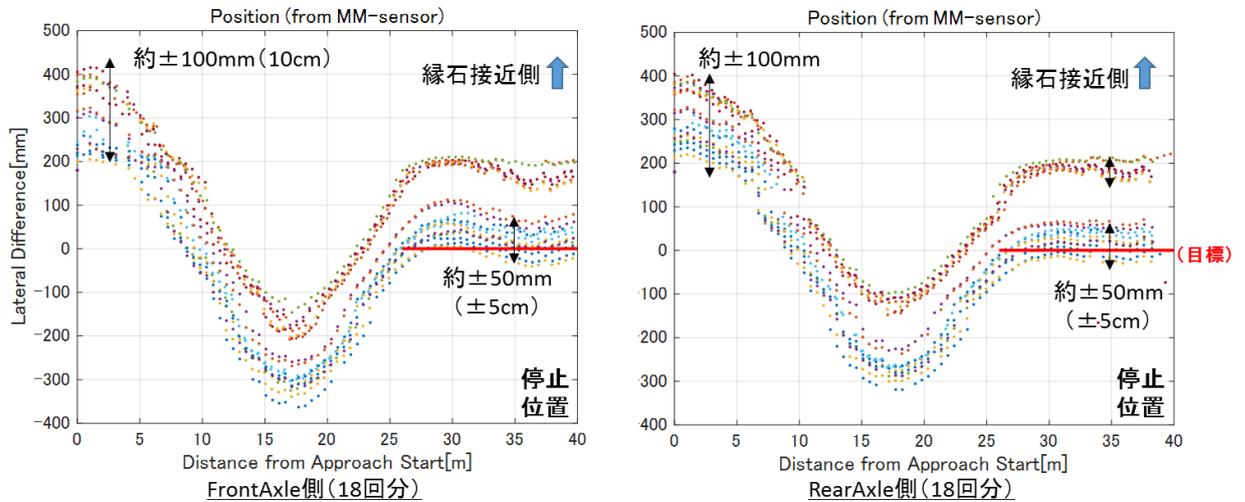


図 3.3.11-3 磁気マーカを利用した場合の横偏差量の変化



図 3. 3. 11-4 宜野湾港マリーナバス停（臨時設置）に停車した様子

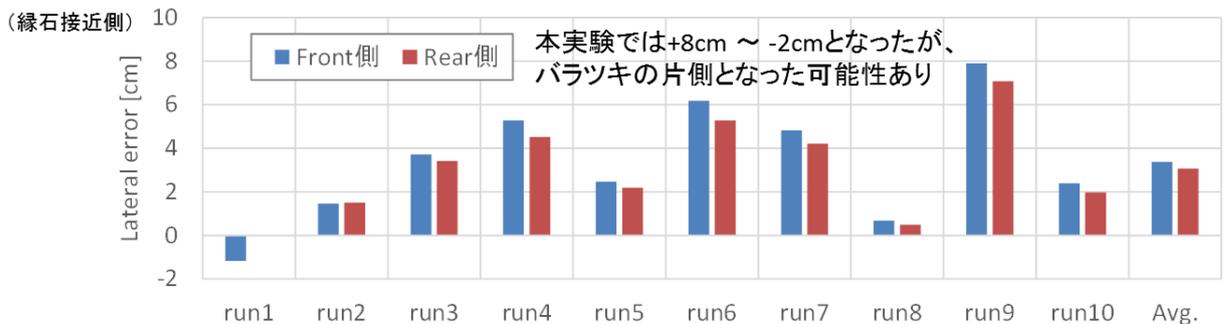


図 3. 3. 11-5 磁気マーカを利用した場合の正着精度

バス停での正着制御に関し、位置推定手法ごとの正着精度を比較したものを表 3. 3. 11-2 に示す。

白線や縁石を認識する場合と比べ磁気マーカは認識が離散的であり、原理的には精度が劣る可能性が考えられる。一方、磁気マーカを利用した操舵制御手法は、パラメータ調整等で今後一層の性能改善を見込むものである。また、天候条件や縁石・白線の状態に対してロボラストであることがメリットと考えられる。

表 3.3.11-2 バス停での正着制御における位置推定手法ごとの精度比較

位置推定手法	GPS (RTK)	磁気マーカ	白線 (カメラ)	縁石 (LiDAR)
認識の特徴	連続 (高速)	離散	連続 (高速)	連続 (高速)
正着精度	±16cm	±8cm	±5cm	±2cm

(ARTIに関する取り組み実績等を考慮)

3. 3. 12. 準天頂衛星の補正情報による測位

自動運転制御において、走行位置を高精度に検出する測位技術が求められる。これまでは RTK-GPS を用いて座標位置の測位を行ってきたが、本実験では準天頂衛星 (QZSS) からの位置補強情報にて、位置測位の評価を実施した。準天頂衛星からの位置補強情報として、CLAS 方式補強情報が L6 信号として配信されているため、補強情報が受信できる受信機を使用して、測位精度比較を実施した。なお、参照として、従来の RTK-GPS (VRS 方式) を用いている。図 3. 3. 12-1 に RTK-GPS (VRS 方式) と QZSS (CLAS 方式) の基本要素の比較を示す。

方式	RTK-GPS (VRS方式) *1	QZSS (CLAS方式) *2
概要		
サービス範囲	補強情報サービスメーカーのサービス範囲	日本全国
配信補強情報量	数Mbps	2Kbps
配信補強情報内容	合計補正量 (OSR)	SIS成分+ローカル補正項 (SSR)
配信補強情報使用料	有料	無料
補強対象衛星数	GPS、GLONASS、BeiDou	GPS、QZSS、Galileo
初期捕捉時間 *3	~数十秒	~1分
測位精度 (水平95%)	数cm	静止体: 6cm 移動体: 12cm

図 3. 3. 12-1 RTK-GPS (VRS 方式) と QZSS (CLAS 方式) の基本要素の比較

RTK-GPS は、リアルタイムキネマティック GPS 測量の略で、既知点からの補正観測情報を携帯電話や無線を利用して移動局に送信し、移動局の位置をリアルタイムで測定する方法をいう、既知点の設置もしくは、電子基準点などの情報を知る必要がある。一般的な RTK-GPS は、精度を保つために、基準点の基線長が 15km 程度で制限される。VRS (仮想基準点) 方式では、基線長の制限に関係なく、センチメートル級の測位が可能になる。VRS 方式 RTK-GPS は、補強情報が無線インターネットを介して、配信されるため、情報量が多いこと (数 Mbps)、1 秒ごとに更新データが配信されるため、初期捕捉も速いというメリットがあるが、補強情報サービスメーカーの提供する補強情報は使用料が有料であり、インターネットを経由で使用するために、通信料も必要というデメリットがある。一方で、QZSS (CLAS 方式) は

RTK-GPS と同様測位レベルで、有料のインフラ補強サービスのかわりに、無償による補強情報の配信である。これにより RTK-GPS の高価な補強情報使用料が無料になるメリットがあるが、衛星の電波帯域の関係で RTK-GPS に比べ、配信できる補強情報量が比較的に少ないため、補強情報の最大更新周期が 30 秒であり、初期捕捉時間が約 1 分程度かかる。今回の実験では、VRS 方式 RTK-GPS と CLAS 方式 QZSS の測位精度の比較を目的とする。

RTK-GPS と QZSS (CALAS 方式) の測位品質 (Quality) の定義は表 3.3.12.1 に示す。

表 3.3.12-1 測位品質の定義

●測位品質 (Quality) の詳細			
Quality	定義	想定位置精度	自動運転への応用可能性
1	未測位	NaN	×
2	単独測位	3m~5m	×
3	DGPS/DGNSS	1m	×
4	Fixed	10cm 以内	○
5	Float	50cm	×
6	Dead Reckoning	10cm~1m	△

(1) 評価結果

2017 年 10 月 10 日に、準天頂衛星みちびきの 4 号機が打ち上げされたことにより、現在準天頂衛星は 4 機体制 (衛星番号: 193、194、195、199) に整った。準天頂衛星のセンチメートル級測位補強サービスには、実用用 CLAS システムと実証用 MADOCA システムがある。今回は CLAS システムを評価対象とした。しかし、2017 年 12 月現在、4 機体制の中、193、194 の 2 機しか測位の補強信号が配信されていない。そのうち、CLAS 信号は 2 機 (衛星番号: 193 と 194) から配信されていて、MADOCA 信号は 1 機 (衛星番号: 194) が配信されている。

図 3.3.12-2 に那覇 (日本時刻 10:00 と 18:00) 上空に 2 機準天の準天頂衛星頂衛星 (193 と 194) の軌道ビューを示す。

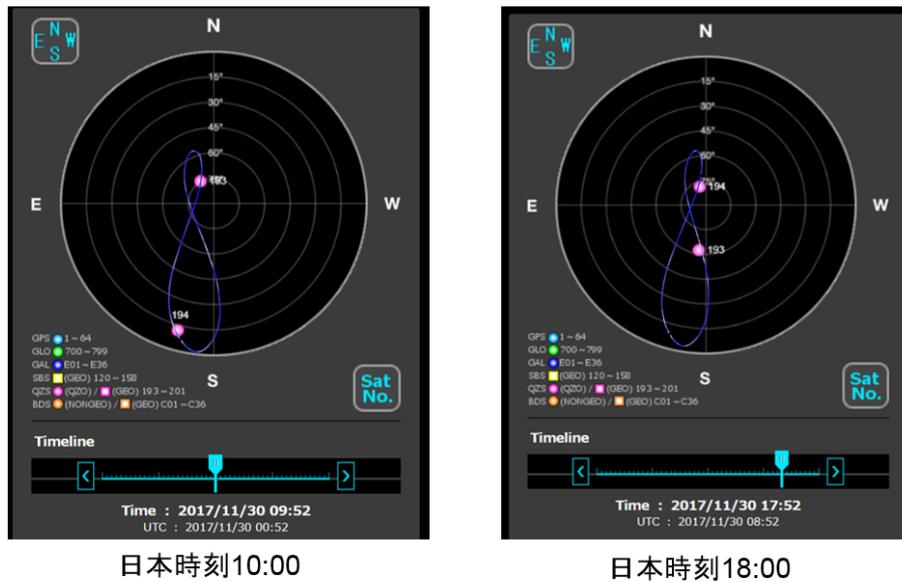


図 3. 3. 12-2 那覇上空 QZSS の軌道ビュー

*内閣府宇宙開発戦略推進事務局 GNSS View より

日本時刻の 24 時間に対して、193 と 194 の準天頂衛星の軌道走行時間内は表 3. 3. 12-2 に示す。

表 3. 3. 12-2 準天頂衛星軌道走行

衛星番号	仰角条件	配信時間帯(理論上)
● 193 (1号機)	60度以上	AM 2:00 ~ PM 14:00
	70度以上	AM 3:00 ~ PM 12:30
● 194 (2号機)	60度以上	AM 11:00 ~ PM 23:00
	70度以上	AM 12:00 ~ PM 21:30

表 3. 3. 12-1 に示すように、193 番準天頂衛星は AM2:00~PM14:00 の時間帯に、那覇上空の仰角 60 度以上のところに動いて、194 番準天頂衛星は AM11:00~PM23:00 の時間帯に、那覇上空の仰角 60 度以上のところに動いている。しかし、仰角 70 度以上においては、193 番準天頂衛星は AM3:00~PM12:30 の時間帯に動くことに対して、194 番準天頂衛星は AM12:00~PM21:30 の時間帯に動いている。

この状況の下で、準天頂衛星の CLAS 対応受信機を実験車へ搭載し、準天頂衛星の補正情報による測位計測を行った。測位評価結果は図 3. 3. 12-3、図 3. 3. 12-4 及び図 3. 3. 12-5 に示す。図 3. 3. 12-3 は停車状態において、RTK-GPS と CALS の精度比較であり、図 3. 3. 12-4 は走行ルートでの測位結果である。また、図 3. 3. 12-5 に FIX 率及び復帰時間の比較を示す

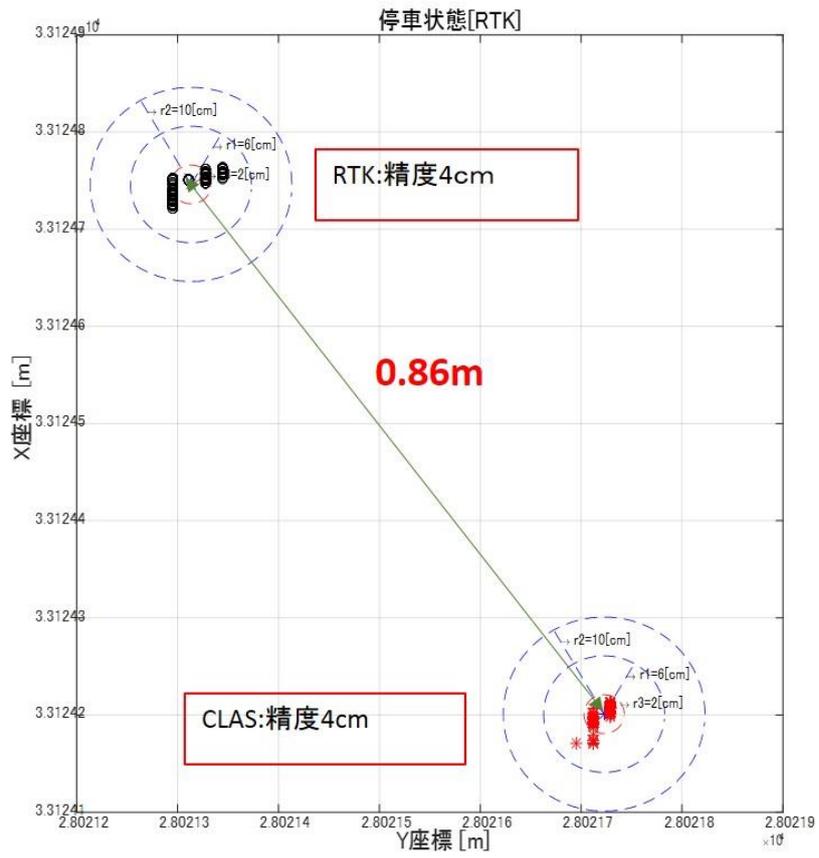


図 3.3.12-3 停車状態の測位精度比較

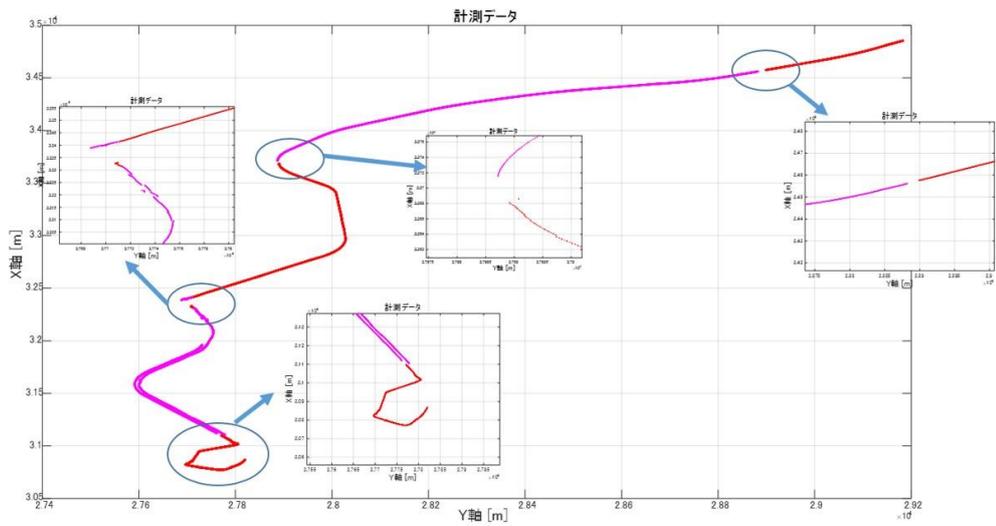


図 3.3.12-4 走行ルート of 計測結果 (CLAS)

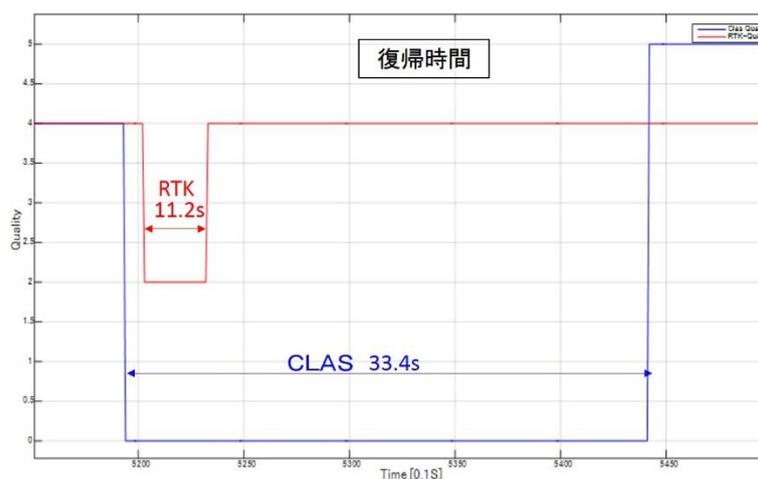
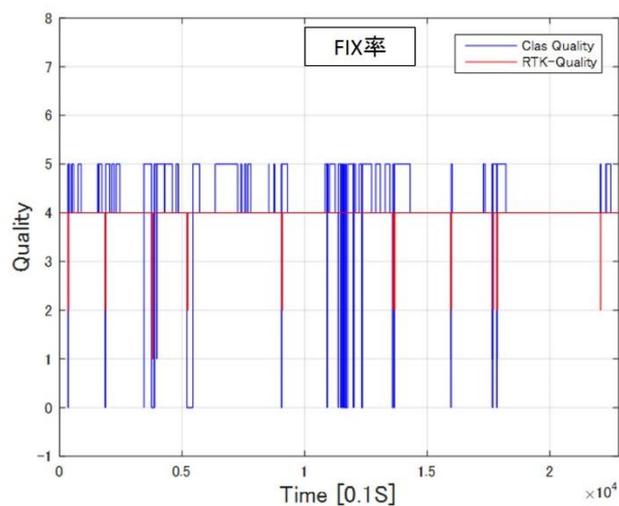


図 3.3.12-5 FIX 率及び復帰時間の比較結果

図 3.3.12-3 に、停車状態において、RGK-GPS と QZSS とも、FIX 状態での測位の比較結果である。図 3.3.12-4 に、QZSS の実証実験走行ルート of 計測データを示す。また、QZSS と RTK-GPS の走行ルートの測位 Quality の比較結果及び Quality の復帰時間を示す。

検証実験の評価結果は下記の表 3.3.12-3 に纏める。

表 3.3.12-3 評価結果

No.	評価項目	内容	評価
1	FIX 状態での測位精度	静止 4cm 以内、走行 10cm 以内	問題なし
2	RTK-GPS との差	約数+cm~1m	当該差異は、地殻情報の違いによるものであるため、同時期の地殻情報を用いることによりキャンセル可能

	異		
3	FIX 率	32.8% (RTK: ~98%)	現状、測位アルゴリズム修正により 68.7%まで改善を確認しているが、自動運転に必要な FIX 率ではないため、引き続き更なる改善が必要
4	復帰時間	33.4 秒 (RTK: 11.2 秒)	今後、補強対象衛星数の増加により復帰時間の短縮が期待されるが、受信機での補強情報の処理改善や IMU との併用も検討必要

評価結果として、FIXED 状態において、CLAS 方式は RTK-GPS と同様な測位精度（停車状態：4cm 以内、走行状態：10cm 以内）が可能である。

CLAS と RTK-GPS の測位結果には、数+cm~1m 程度の絶対測位差異が存在した。当該差異は、座標系の定義時期の違いによるものであり、RTK-GPS は 1997 年、CLAS は今期（2017 年 12 月）の地殻情報による決定した座標によるためである。同時期の地殻情報を用いれば、この絶対差異のキャンセルが可能となる。

現状の CLAS システムの評価結果では、FIX 率が低い（32.8%）こと、一度途切れた後の復帰時間がかかる（33.4 秒）という 2 つの事象が問題である。この問題について、受信機メーカーの協力による解析結果及びその対策を下記の“(2) 解析と対策”に示す。

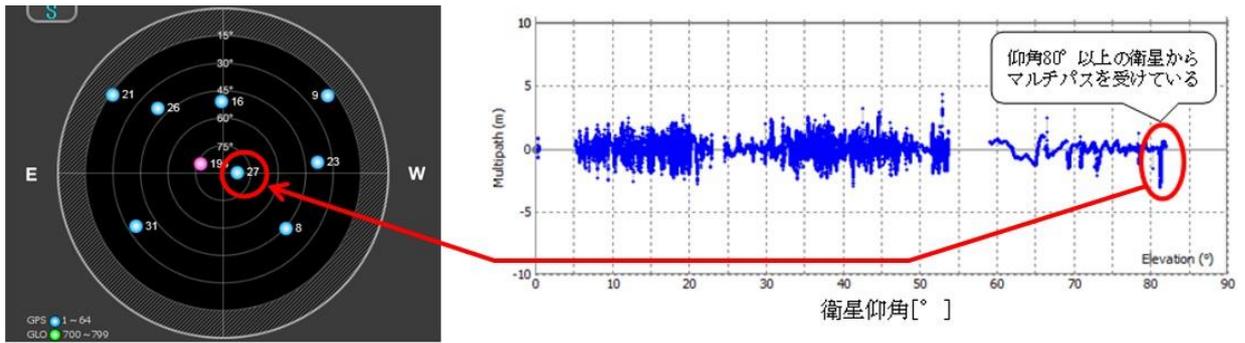
(2) 解析及び対策

●FIX 率低下について

・原因：

< 基準衛星とした高仰角衛星のマルチパス >

QZSS 測位に衛星の共通誤差を無くすために、測位に使用する衛星から、基準衛星を選び、他の衛星との差分を取るという処理が利用される。今回は、衛星信号が最も安定していると思われる最高仰角な衛星を基準衛星に自動的に選択する方式を受信機処理側に採用されていたが、評価実験時、当該基準衛星の信号がマルチパスを受けており、測位処理結果が不安定となった。一例として、図 3.3.12-6 の解析結果に示す。この例では、最高仰角衛星である 27 番の衛星を基準衛星とされているが、右図のマルチ解析結果では、最高仰角衛星である 27 番の衛星がマルチパスを受けていることが判る。この基準衛星がマルチパスを受けていることが、測位結果が不安定という原因と思われる。



衛星配置図

マルチパス解析結果

図 3.3.12-6 マルチパスの解析結果一例

< 電離層及び対流圏の残差推定 >

また、FIX 率低下のもう一つ原因は、電離層及び対流圏への処理が不十分とのことである。沖縄のような低緯度地域では電離層・対流圏の影響が大きく、補強情報だけでは補正しきれない誤差が残り、沖縄走行試験時の測位アルゴリズムでは測位解が定まらなかった。

・ 対策 :

高仰角衛星を基準衛星として利用する場合もマルチパス確認し、マルチパスを受けている衛星は基準衛星から外す処理を追加し、測位アルゴリズム内の RTK 処理のマルチパスによる影響を低減することで FIX し易くする。また、測位アルゴリズムに電離層・対流圏による補強情報の残差推定の処理を追加し、RTK 処理の誤差を縮小化し FIX し易くする。上記対策により、現時点において、後処理解析の結果では、FIX 率の改善が確認 (32.8%⇒68.7%) されている。図 3.3.12-7 に改善結果一例を示す。

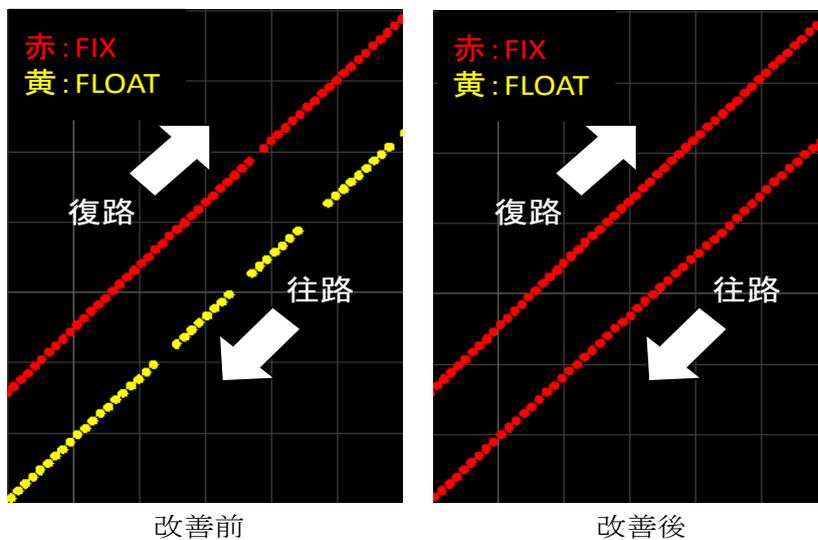


図 3.3.12-7 現地走行試験データの改善例

● 復帰時間について

・原因：

<補強対象衛星数が少ない>

復帰時間は、FIXするために使用できる衛星数が多い方が短時間で測位解を得る上では有利である。しかしながら、沖縄での走行実験時点では、CLAS が試験サービス中であり補強対象衛星が GPS, QZSS のみであったため、補強対象衛星数が少なかったため復帰時間がかかる原因の一つとなった。

<CLAS 補強情報更新周期が最長 30 秒>

さらに、もう一つ原因は、CLAS 補強情報の更新周期が最短 5 秒, 最長 30 秒であるために、一度途切れた場合に、次の補強情報が受かるまでには最長 30 秒が要され、さらに、測位精度が収束されるまでを含めるため、30 秒以上を要する結果となったことによる。

<IMU との複合>

測位衛星の測位信号を利用した衛星測位では、測位衛星（GPS、QZSS 等）が高架橋の下を通るような場面で、衛星不可視となり測位信号が途切れる。測位信号が途切れる期間は、衛星測位信号による測位処理は出来ないため、測位結果は出力されない。高架橋の下を通り過ぎると、先の<補強対象衛星数が少ない>や<CLAS 補強情報更新周期が最長 30 秒>を原因とする復帰時間を要して、測位結果を得ることになる。

・対策：

<補強対象衛星数が少ない>

CLAS が試験サービス中である現状は、補強対象衛星は GPS, QZSS のみではあるが、今後、本サービスからは、補強対象衛星は GPS, QZSS に Galileo が追加される予定である。そのために、CLAS に測位使用可能な衛星数が現状の 2 倍近くになるので、測位の安定性も向上するとともに、復帰時間の短縮が可能と期待される。

<CLAS 補強情報更新周期が最長 30 秒>

現状の CLAS 受信機は、QZSS 衛星からの CLAS の補強信号が途切れると測位計算ができなくなるが、補強信号を配信する QZSS 衛星が今後も増加される予定であるため、補強信号が途切れにくくなる。また、補強信号が途切れた場合に、CLAS 受信機は、途切れる直前の補強信号を利用して、推定機能を強化することで、復帰時間の短縮を図ることも可能と期待される。

<IMU との複合>

高架橋下などで、測位信号が途切れる環境において、IMU(慣性航法装置)による慣性航法を利用し、測位信号が途切れる直前の位置から位置推定処理を利用し、測位結果を得ることが可能である (IMU の複合)。高架橋下を通り抜け、改めて測位信号を受信し測位結果を得たらその測位結果を利用することで、高架橋下の衛星不可視域の位置を高精度に推定できる。図 3.3.12-8 に IMU の複合効果の一例を示す。

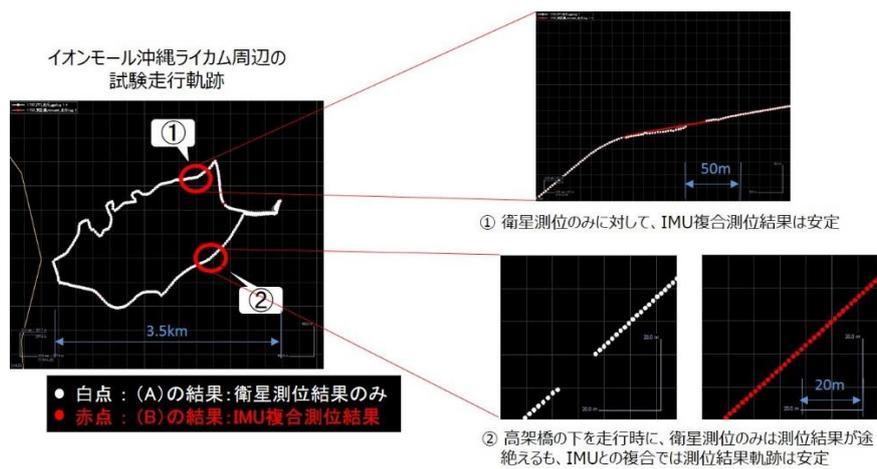


図 3.3.12-8 IMU 併用の複合効果の一例

図 3.3.12-8 に、沖縄走行試験時に、衛星測位結果を出力する受信機 (A) と衛星不可視時に IMU との複合処理により測位結果を出力する受信機 (B) の測位軌跡を示す。受信機 (A) が衛星不可視状態で測位結果が未測位の状況ながら、受信機 (B) は安定した測位結果を出力していることから、FIX 率が改善できれば、IMU との複合効果も向上が期待できる。

(3) まとめ

今回の QZSS の評価結果のまとめは表 3.3.12-4 に示す。

表 3.3.12-4 QZSS の評価結果まとめ

●評価結果		
FIX 状態での測位精度は、静止状態で 4cm、走行状態で 10cm であり、自動運転への利用が期待できる。ただし、FIX 率低下、及び復帰時間がかかる課題がある。		
●課題と今後の対策		
課題	原因	今後の対策
・FIX 率低下 当初：32.8% 現状：68.7% 目標：95%以上	1. 基準衛星とした高仰角衛星のマルチパス	受信機における基準衛星の選定方法アルゴリズムの改善
	2. 電離層及び対流圏の残差推定	受信機における測位アルゴリズムに残差推定処理を追加改善
・復帰時間 現状：33.4 秒 目標：30 秒以内 ※受信機の IMU との複合により測位結果が途切れ難くする	1. 補強対象衛星数が少ない	CLAS の開発進捗により今後解消（補強対象に Galileo が追加されれば衛星数が約 2 倍）
	2. CLAS 補強情報更新周期が最長 30 秒	受信機における補強信号の処理改善による復帰時間の短縮 ※ IMU との複合効果により衛星不可視時も連続した測位結果出力
●結論		
受信機の開発進捗、CLAS の開発進捗等により、FIX 率および復帰時間の課題については解消の見込み。来年度以降も引き続き自動運転への利用検討を進める。		

3.3.13. 運行サービスシステム

リモートでの動画表示実測遅延時間 max 0.92 秒 (10 回のカメラフレーム数からの計測)
クラウド環境はオートスケール対応で柔軟に対応

(1) 機能性 (functionality)

- 相互運用性: ARMA, ポンチヨなど各種車両と接続可能。沖縄での実証実験ではポンチヨ接続。

- 機密性: 車両～サーバ間、サーバ～クライアント間の通信暗号化実装

(2) 信頼性 (reliability)

- 障害許容性: クラウド内サーバの冗長構成により、障害時にサービスを継続提供。

(3) 使用性 (usability)

- 標準適合性: 標準バス情報フォーマットのインポート

- 時間効率性: 映像遅延 1 秒程度、サーバからのレスポンス平均 3 秒以内

(4) 保守性 (maintainability)

- 変更性: 将来 OTA 予定

- 拡張性: スケールアウトにより車両、接続ユーザーの増加に対応可能

4. 記録映像の制作

路線バスへの自動走行システムの社会実装をめざし、路線バス型の自動運転実験車（自動運転バス実験車）を用いて、内閣府が別途指定する沖縄県内の公道にてデジタル地図等を用いた高度な自動運転バス実証実験を実施するとともに、関係者（交通事業者等）に対する試乗会を実施し、沖縄県内における自動運転公共交通バスの社会適応性の調査を実施するものとしている。

ここでは、技術的課題を明確にし、導入に向けた課題解決に資する技術映像（静止画及び動画）を作成したものである。

4.1. 乗降場所案（バス停位置）

① イオンモール沖縄ライカム乗降場

イオンモール沖縄ライカム正面入り口ロータリーのバス乗降場を借用し、試乗者の乗降場とする。なお、イオンモール沖縄ライカム内のバス乗降場には長時間の駐車ができないため、イオンモール沖縄ライカム内の一般者駐車場にて駐機場所を確保する。

② 宜野湾マリーナ乗降場

宜野湾マリーナの構内路に仮設バス停を設置する。

4.2. 自動運転車の制御機能の技術

本実験において、技術映像として記録する、自動運転車両の主な制御技術は以下の通りである。

(1) 車線維持制御機能

交差点での右左折を含む走行ルートに沿って自動走行するための車線維持制御機能を有する。準天頂衛星によるセンチメートル級測位の精度検証を行い、本実験では補助システムとして利用し、この目標走行軌跡を追従するようハンドルが自動制御される。

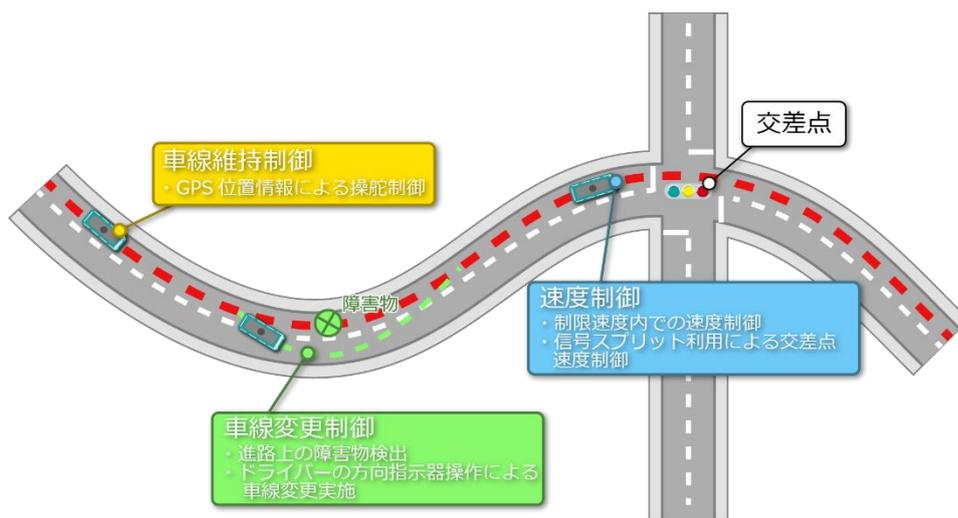


図 4.2-1 車線維持制御機能

(2) 自動車線変更制御機能

走行進路上に信号待ち以外の停止車両が存在する場合隣レーンにはみ出さない様に回避する制御を行った。なお、車線変更時はドライバーに車線変更可能なことを知らせてドライバーが安全確認し、自動的に車線変更を開始するスイッチを設けた。停止車両を追い越した後、前方に障害物がない場合には、走行軌跡に戻るきっかけはドライバーのウィンカー操作とした。

(3) 速度制御機能

走行ルートに設定された走行軌跡に対応して、設定された目標制限速度で走行するようアクセル開度およびブレーキ圧力が自動制御される。なお、交差点の停止線部の目標速度は0kmに設定されており、停止線に接近すると自動的にアクセル開度が制御され、減速、停止する。なお、本システムではドライバーが危険と判断しブレーキペダルを操作した場合、ドライバーのブレーキが優先され自動ブレーキがオーバーライドされる。

(4) 正着制御機能

宜野湾マリーナの構内路に設置された仮設バス停での正着制御を行う場合、バス停近傍に設置された磁気マーカを用いて正着制御をおこなう。又その他のバス停での停車時は準天頂衛星等の衛星測位情報を用いて正着制御を実施する。磁気マーカは 50cm ピッチで実施した。

(5) 障害物認識機能

複雑な走行環境での自動運転制御をおこなうため、3次元ライダーおよびディープラーニング画像認識による物体認識をおこなう。3次元ライダーとしては3次元ライダー等をフロントグリル部およびブルーフ後方に設置し、約 50m までの障害物認識をおこなう。又室内ダッシュボード部および右フロントフェンダー部にカメラを設置し、前方障害物および隣接レーンの側方車両を検出する。

(6) デジタル地図とローカルダイナミックマッピング

ライダーとカメラによって検出された物体から走行車線内に進入してくる障害物を認識するため、区画白線座標、道路縁石座標、道路領域座標等からなる自動運転用デジタル道路地図を作成し、ローカルダイナミックマッピングをおこない、進路上の障害物を認識する。

(7) ACC 制御機能

前方に自車より低速で走行する車両がいた場合、安全な車間距離を確保するため、3次元ライダーおよびディープラーニング画像認識、ミリ波を複合的に使用し車間距離制御をおこなう。なお、先行車が急ブレーキ操作をおこない衝突の危険がある場合はドライバーの操作にてブレーキ介入操作をおこなう。

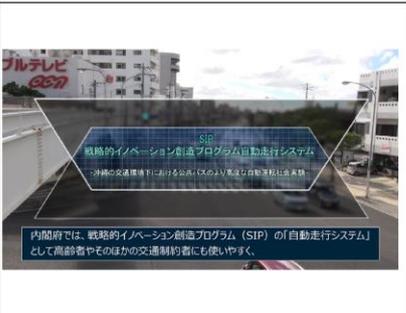
(8) 準天頂衛星の補正情報による測位

自動運転制御において、走行位置を高精度に検出する測位技術が求められる。準天頂衛星によるセンチメートル級測位の精度検証を行い、本実験では補助システムとして利用、車線維持制御等を実施する。準天頂衛星からの位置補強情報として、電子基準点を用いた CLAS 方式補強情報が L6 信号として配信されているため、本実験では CLAS 衛星受信機を使用し、高精度な測位をおこなう。また測位信頼性を向上するため、従来の RTK-GPS も併せて使用する。

4.3. 自動走行社会実験映像シナリオ

ここでは、自動走行映像シナリオについて記述する。

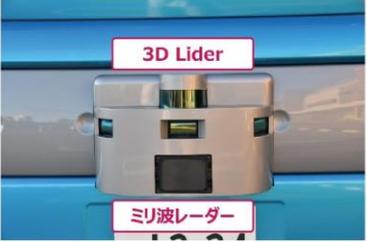
沖縄自動走行社会実験 映像 シナリオイメージ

画像イメージ	画像のポイントなど	テロップ
	<p>プロローグ</p> <p>沖縄・那覇のイメージ写真</p>	<ul style="list-style-type: none"> 内閣府では、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の「自動走行システム」として 高齢者やそのほかの交通制約者にも使いやすく、定時性、速達性、安全・快適性などに優れた次世代都市交通(ART)の研究開発に役立つべく 平成29年12月4日～13日の期間、沖縄の国道58号線などの公道において、自動走行バスの実証実験を行ないました
		

沖縄自動走行社会実験 映像 シナリオイメージ

画像イメージ	画像のポイントなど	テロップ
	<p>実証試験ルート図を用い、ルートを説明</p> <p>写真を利用し</p> <ul style="list-style-type: none"> イオンモールライカム 国道58号など 宜野湾マリーナ 	<p>【宜野湾マリーナ行き】</p> <ul style="list-style-type: none"> イオンモール沖縄ライカムを出発し、国道330号→普天間交差点→県道81号→伊佐交差点左折→国道58号→宜野湾マリーナ着 <p>【イオンモール沖縄ライカム行き】</p> <ul style="list-style-type: none"> 宜野湾マリーナ発→国道58号バイパス→伊佐交差点→県道81号→普天間交差点→国道330号→イオンモール沖縄ライカム着 <p>本実験は国道や県道など交通量が多い道路で、一般車両と混在して走行する、先駆的な自動走行実験となっています。</p>

画像イメージ	画像のポイントなど	テロップ
<p data-bbox="261 405 480 443">技術関連機器</p>   <p data-bbox="504 960 639 987">画像認識カメラ</p> <p data-bbox="352 1028 571 1066">画像認識カメラ</p>	<p data-bbox="694 465 868 488">実証試験車両について</p> <p data-bbox="694 528 732 551">外部</p> <p data-bbox="694 560 732 582">内部</p> <p data-bbox="694 591 831 613">運転者部分、座席</p>	<p data-bbox="1010 432 1445 477">今回の社会実験に用いる自動運転バスの仕様は次の通りです。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1010 488 1182 510">○全長 : 7.0m <li data-bbox="1010 510 1195 533">○全幅 : 2.08m <li data-bbox="1010 533 1166 555">○定員 : 29名 <li data-bbox="1010 555 1150 577">○乗降扉数 : 2 <li data-bbox="1010 577 1313 600">○バリアフリー対応 : ノンステップ方式 <p data-bbox="1010 640 1445 748">車両は2ドアタイプのノンステップ低床車両です。ベース車には車いす設置スペースを確保するため運転席の右側後部には跳ね上げ式の座席が2席設置されています。車いす設置スペースは確保してありますが、跳ね上げ式座席は撤去されています。</p>

画像イメージ	画像のポイントなど	テロップ
<p data-bbox="264 412 478 450">技術関連機器</p>  <p data-bbox="354 719 571 757">3D LiDAR</p>  <p data-bbox="368 1048 585 1104">左右車両 LiDAR (黒)</p>	<p data-bbox="689 472 863 499">実証試験車両について</p> <p data-bbox="689 535 823 620">外部 内部 運転者部分、座席</p>  <p data-bbox="751 1048 968 1104">車両後部 3D LiDAR</p>	<p data-bbox="1002 443 1433 488">今回の社会実験に用いる自動運転バスの仕様は次の通りです。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1002 497 1166 519">○全長 :7.0m <li data-bbox="1002 519 1182 542">○全幅 :2.08m <li data-bbox="1002 542 1158 564">○定員 :29名 <li data-bbox="1002 564 1142 586">○乗降扉数 :2 <li data-bbox="1002 586 1299 609">○バリアフリー対応 :ノンステップ方式

画像イメージ	画像のポイントなど	テロップ
<div data-bbox="272 394 485 427" style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 2px;">技術関連機器</div>  <div data-bbox="365 685 576 719" style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 2px;">車両内部</div>  <div data-bbox="365 996 576 1030" style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 2px;">非常用キルスイッチ</div> <div data-bbox="365 1039 576 1072" style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 2px;">アクチュエータなど</div>	<p>実証試験車両について</p> <p>外部 内部 運転者部分、座席</p>  <div data-bbox="735 996 975 1030" style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 2px;">車内異常検知システム</div>	<p>テロップ</p> <ul style="list-style-type: none"> 遠隔から運転状況を把握するため、車両の位置情報や車両情報及び、車内外の映像及び音を確認できる運行管理システムを設置しています。 また、自動運転バスに乗車する乗客向けに情報提供を行う装置(案内ディスプレイ、音声スピーカー)や、車内事故削減を目的としたAIによる車内異常検知システムを設置するものです。  <div data-bbox="1145 943 1356 976" style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 2px;">案内ディスプレイ</div>

沖縄自動走行社会実験 映像 シナリオイメージ

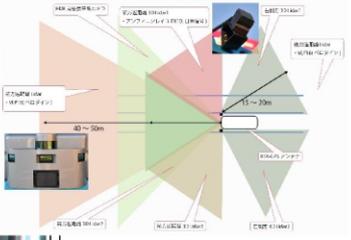
画像イメージ	画像のポイントなど	テロップ
 <p data-bbox="437 689 644 745">走行の状況映像</p>		<ul style="list-style-type: none"> • 実証実験をスムーズに進めるため、調整走行実施前に以下の事前調査を実施しました。 ① デジタル地図作成のための道路測位と地図作成 ② RTK-GPSの携帯通信電界強度測定
 <p data-bbox="437 1025 644 1081">走行ルートの映像</p>		<ul style="list-style-type: none"> • また、デジタル地図作成のため、走行ルート上の道路区画線、道路縁石、停止線、中央分離帯、交差点、信号機等の道路設備の位置座標をライダー等を用いて、高精度な計測を実施します。

沖縄自動走行社会実験 映像 シナリオイメージ

画像イメージ	画像のポイントなど	テロップ
 <p>①車線維持制御機能</p>  <p>現地撮影</p>	<p>実証実験のいくつかのシーン</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 車線維持制御機能 ② 自動車線変更制御機能 ③ 速度制御機能 ④ 正着制御機能 ⑤ 障害物認識機能 ⑥ デジタル地図とローカルダイナミックマッピング ⑦ ACC制御機能 ⑧ 準天頂衛星の補正情報による測位 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 今回の実証実験を行った主な8つの項目は次の通りです ① 車線維持制御機能 ② 自動車線変更制御機能 ③ 速度制御機能 ④ 正着制御機能 ⑤ 障害物認識機能 ⑥ デジタル地図とローカルダイナミックマッピング ⑦ ACC制御機能 ⑧ 準天頂衛星の補正情報による測位 <ul style="list-style-type: none"> ・ 最初の映像は、①「車線維持制御機能」の実証実験中のものです。準天頂衛星によるセンチメートル級測位の精度検証を行い、本実験では補助システムとして利用しており、目標走行軌跡を追従するようハンドルが自動制御されます。

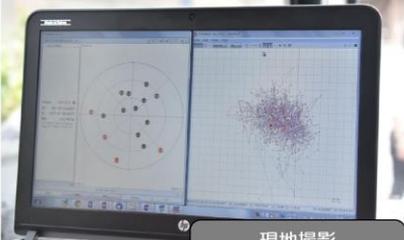
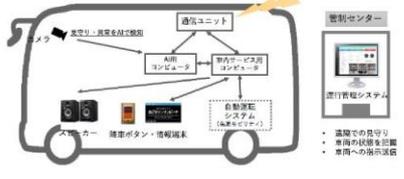
沖縄自動走行社会実験 映像 シナリオイメージ

画像イメージ	画像のポイントなど	テロップ
<p style="text-align: center;">②自動車線変更制御機能</p>  <p style="text-align: center;">現地撮影 動画撮影</p>	<p>① 車線維持制御機能 ② 自動車線変更制御機能 ③ 速度制御機能 ④ 正着制御機能 ⑤ 障害物認識機能 ⑥ デジタル地図とローカルダイナミックマッピング ⑦ ACC制御機能 ⑧ 準天頂衛星の補正情報による測位</p>	<ul style="list-style-type: none"> この映像は、②自動車線変更制御機能による障害物認識の実証実験の様子です。 右折に向けた車線変更、また左側から合流があった後の左車線に戻る際に車線変更制御を行いました。(動画1) 路肩に障害となる車両がある場合、これをセンサ類と高精度地図により認識し、隣レーンにはみ出さない様、40cm程度右へ避ける制御を行いました。(動画2) 本シーンの車線変更制御では、周辺走行の一般車両が多いため、安全上、手動による走行を支援しました。(動画3)
<p style="text-align: center;">③速度制御機能</p>  <p style="text-align: center;">現地撮影 動画撮影</p>		<ul style="list-style-type: none"> この映像は③速度制御機能の検証の様子です。 走行ルート上の目標走行軌跡に対応して設定された目標制限速度で速度制御をおこないます。交差点での右折時および左折時の目標走行速度は、10km/h以下に自動的に減速します。一時停止点にておいては自動停止しますが、今回が信号連携を行っていないため、赤信号は自動停止対象外となっています。ただし、赤信号場合はドライバーがブレーキを踏み、前方に信号待ちの車両があればACCで停止します。

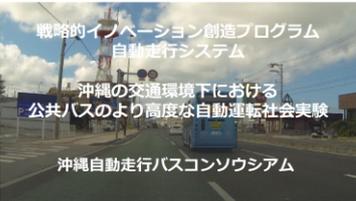
画像イメージ	画像のポイントなど	テロップ
<div data-bbox="261 439 536 472" style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px; text-align: center;">④正着制御機能</div>  <div data-bbox="448 719 655 763" style="background-color: #ccc; padding: 5px; text-align: center;">現地撮影 動画撮影</div>	<ol style="list-style-type: none"> ① 車線維持制御機能 ② 自動車線変更制御機能 ③ 速度制御機能 ④ 正着制御機能 ⑤ 障害物認識機能 ⑥ デジタル地図とローカルダイナミックマッピング ⑦ ACC制御機能 ⑧ 準天頂衛星の補正情報による測位 	<ul style="list-style-type: none"> • この映像は④正着制御機能の実験の様子です。 • 宜野湾マリーナ構内路に設置された仮設バス停では、GPSIによらない自動運転技術の検証のため、磁気マーカを用いた直線型バス停の正着制御実験を実施しました。 • 県道81号の路線バスのバス停(普天間入り口バス停)を用いた実証実験では準天頂衛星によるセンチメートル級測位の精度検証を行い、本実験では補助システムとして利用しています。
<div data-bbox="261 797 536 831" style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px; text-align: center;">⑤障害物認識機能</div>  <div data-bbox="448 1077 655 1122" style="background-color: #ccc; padding: 5px; text-align: center;">現地撮影 動画撮影</div>		<ul style="list-style-type: none"> • この映像は⑤障害物認識機能の実証実験の様子です。 • 複雑な走行環境での自動運転制御をおこなうため、3次元ライダーおよびディープラーニング画像認識、ミリ波を複合的に使用しています。

画像イメージ	画像のポイントなど	テロップ
<p data-bbox="272 398 630 454">⑥デジタル地図とローカルダイナミックマッピング</p>  <p data-bbox="459 689 667 741">現地撮影 動画撮影</p>	<ol style="list-style-type: none"> ① 車線維持制御機能 ② 自動車線変更制御機能 ③ 速度制御機能 ④ 正着制御機能 ⑤ 障害物認識機能 ⑥ デジタル地図とローカルダイナミックマッピング ⑦ ACC制御機能 ⑧ 準天頂衛星の補正情報による測位 	<ul style="list-style-type: none"> • この映像は⑥デジタル地図とローカルダイナミックマッピングの実証実験の様子です。 • ライダーとカメラによって検出された物体から走行車線内に進入してくる障害物を認識するため、区画白線座標、道路縁石座標、道路領域座標等からなる自動運転用デジタル道路地図を作成し、ローカルダイナミックマッピングをおこない、進路上の障害物を認識します。
<p data-bbox="272 786 587 824">⑦ACC制御機能</p>  <p data-bbox="459 1041 667 1093">現地撮影 動画撮影</p>		<ul style="list-style-type: none"> • この映像は、⑦ACC制御機能の状況です • 前方に自車より低速で走行する車両がいた場合、安全な車間距離を確保するため、3次元ライダーおよびディープラーニング画像認識、ミリ波を複合的に使用し車間距離制御をおこないます。

沖縄自動走行社会実験 映像 シナリオイメージ

画像イメージ	画像のポイントなど	テロップ
<p>⑧準天頂衛星の補正情報による測位</p>  <p>現地撮影 動画撮影</p>	<ol style="list-style-type: none"> ① 車線維持制御機能 ② 自動車線変更制御機能 ③ 速度制御機能 ④ 正着制御機能 ⑤ 障害物認識機能 ⑥ デジタル地図とローカルダイナミックマッピング ⑦ ACC制御機能 ⑧ 準天頂衛星の補正情報による測位 	<ul style="list-style-type: none"> • この映像は⑧準天頂衛星の補正情報による測位の実証実験の様子です。 • 準天頂衛星によるセンチメートル級測位の精度検証を行い、本実験では補助システムとして利用しています。
<p>運行管理システムとサービス</p> 		<ul style="list-style-type: none"> • 本実験では、自動運転バスに乗車する乗客向けに情報提供を行う装置(案内ディスプレイ、音声スピーカー)や、車内事故削減を目的としたAIによる車内異常検知システムを設置しました。

沖縄自動走行社会実験 映像 シナリオイメージ

画像イメージ	画像のポイントなど	テロップ
 <p>戦略的イノベーション創造プログラム 自動走行システム</p> <p>沖縄の交通環境下における 公共バスのより高度な自動運転社会実験</p> <p>沖縄自動走行バスコンソシアム</p>	<p>エピソード 映像、音産</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 今回、沖縄地区において、自動運転バスの技術実証実験を実施し、関連技術の信頼性や安全性を検証しました。 • 今後、さらなる、安全性や技術信頼性の向上に向け、研究・技術開発に取り組んでいきます。

5. 自動運転バスの試乗会の実施

5.1. インターネットによるライブ配信とデモ映像の配信

12月3日の開会式、ならびに12月4日から8日、11、12日の試乗会期間中において、走行中の運転手映像を、Ustream 経由で、インターネット上に公開した。図5.1-1にリアルタイム中継用のデバイスをしめす。



図 5.1-1 リアルタイム中継用のデバイス（図中赤丸）

6. 自動運転バスに関する受容性調査

6.1. ヒアリング調査

自動運転バス関連の技術・サービス等について、自動運転バス試乗会を通じてバス事業者や自治体等の関係者にヒアリング調査を実施することで、自動運転バス導入に向けたニーズ検証と課題抽出を行った。図 6.1-1 に調査業務の全体フローを以下に示す。

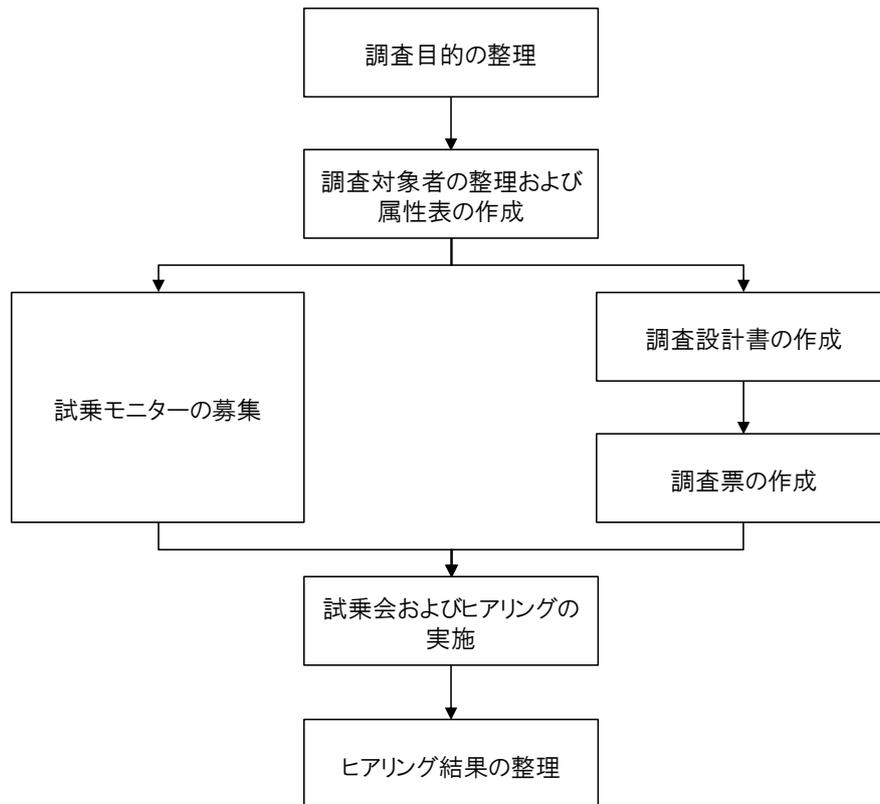


図 6.1-1 調査業務全体フロー

(1) 試乗会日程

下記日程で試乗会を実施する。当日はイオンモール沖縄ライカムで自動走行技術、車内サービス技術等の説明を行った後、実際に自動走行バスに試乗してもらい、各技術・サービスを体験してもらう。

下表の日程で試乗したモニターについては、試乗後に30分間のグループヒアリング（ヒアリング内容は後述）を実施した。

表 6.1-1 試乗会日程

日時	<ul style="list-style-type: none">• 2017年12月7日（木）<ul style="list-style-type: none">➤ 10:00~11:50➤ 12:00~13:50➤ 14:30~16:20• 2017年12月8日（金）<ul style="list-style-type: none">➤ 10:00~11:50➤ 12:00~13:50➤ 14:30~16:20
場所	国道58号バイパス（宜野湾マリーナ）～普天間線～国道330号（イオンモール）
走行距離	<ul style="list-style-type: none">• 約20km（往復）
実施内容	<ul style="list-style-type: none">• 自動運転バスの試乗• ヒアリング

(2) 試乗モニター

主な調査対象者は全国の交通事業者、自治体の地域交通関連部署等である。

表 6.1-2 試乗者属性

ヒアリング対象者		セグメント(※1)	
民間企業	交通事業者	経営者	A
		運転手	B
		運行管理者	C
		整備担当者	D
		その他	E
	その他自動運転導入検討事業者	経営者	F
		担当者	G
		その他	H
自治体	交通関連部署	責任者	I
		担当者	J
		その他	K
	その他部署	責任者	L
		担当者	M
		その他	N
研究機関	研究機関(大学等)	教員	O
		事務	P
		その他	Q

※1：後述するヒアリング調査設計書にて適用するセグメント名である。

表 6.1-3 日時別属性別試乗人数

民間企業	属性	合計人数	12/7 (木)			12/8 (金)				
			10:00~11:50	12:00~13:50	14:30~16:20	10:00~11:50	12:00~13:50	14:30~16:20		
			属性							
民間企業	交通事業者	経営層・意思決定層	6	2	1	0	0	2	1	
		バス運転手 (大型二種免保有)	0	0	0	0	0	0	0	
		運行管理者 (運行管理資格保有)	13	0	1	9	0	2	1	
		整備担当者 (バス整備資格保有)	0	0	0	0	0	0	0	
		その他	9	0	2	4	2	0	1	
		経営層・意思決定層	5	0	1	0	1	3	0	
	交通事業者以外	交通事業の担当者	9	2	0	0	0	4	3	
		その他	0	0	0	0	0	0	0	
		自治体	部署責任者	0	0	0	0	0	0	0
			部署担当者	2	0	0	0	0	0	2
			その他	0	0	0	0	0	0	0
		研究機関	大学	部署責任者 (交通関連部署以外)	0	0	0	0	0	0
部署担当者	5			0	0	5	0	0	0	
その他	0			0	0	0	0	0	0	
教員	2			0	0	2	0	0	0	
事務	0			0	0	0	0	0	0	
	その他	0	0	0	0	0	0	0		

表 6.1-4 ヒアリング調査項目優先順位および実施するタイミング

		必須	任意
回答用紙	乗車前	1	
	乗車中		
	乗車後	なし	
ヒアリング	乗車前	なし	
	乗車中	なし	
	乗車後	2~14	

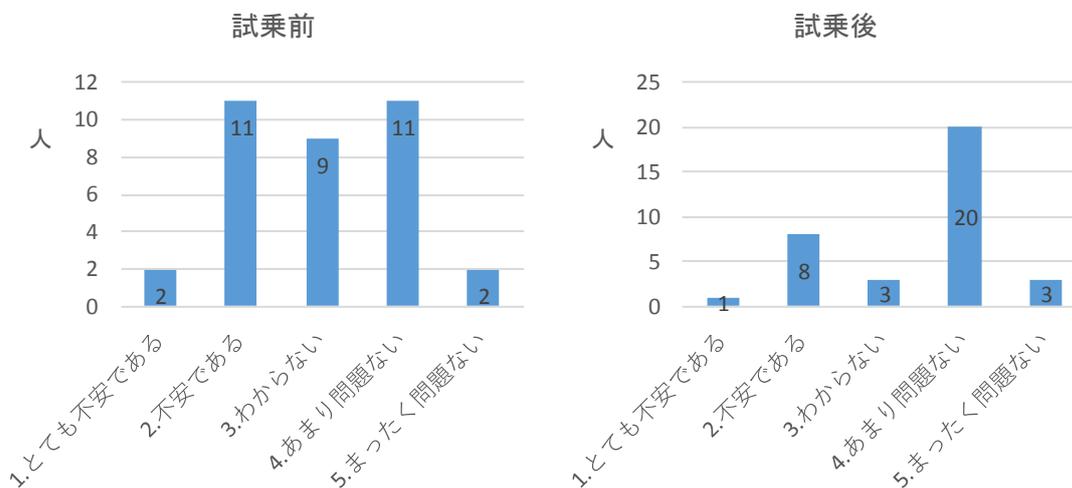
時間次第

6.1.1. ヒアリング結果概要

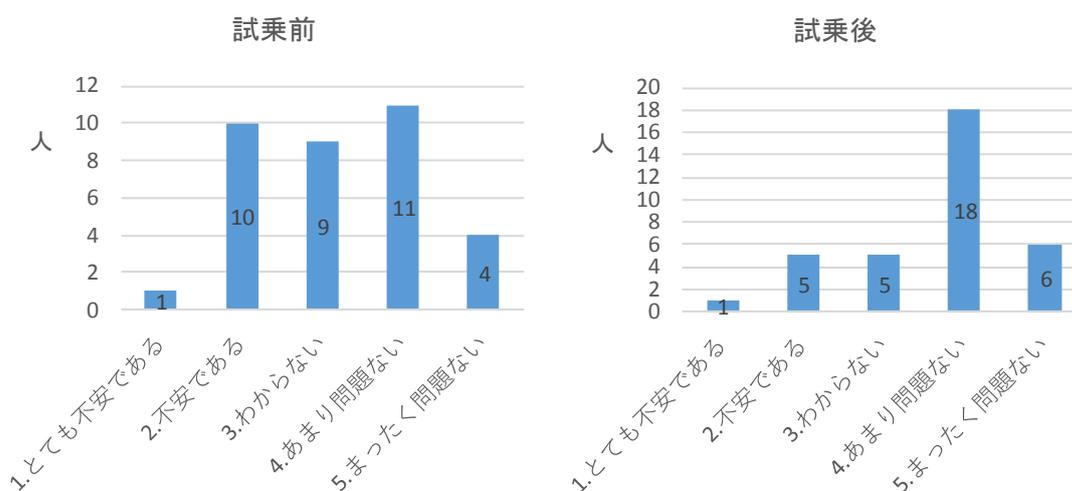
6.1.1.1. 試乗前および試乗後アンケート結果

自動運転車両に乗車する前、乗車した後で、自動運転車両の走行中に発生し得るトラブル等の7項目について、安心・不安について調査を行った。結果を以下に示す。

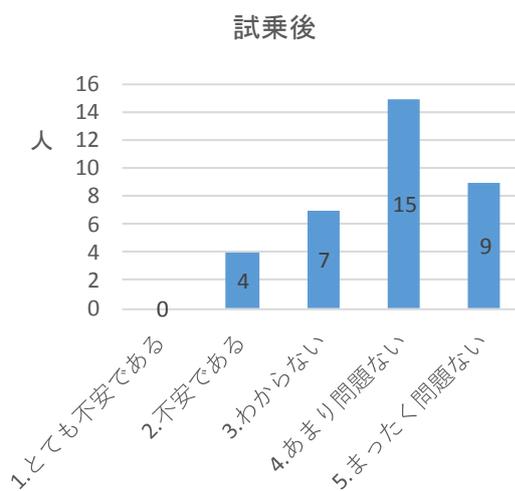
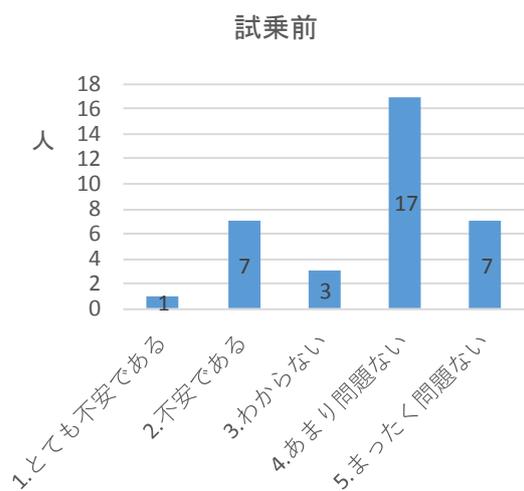
1) システムの故障・ハッキングによる事故・暴走



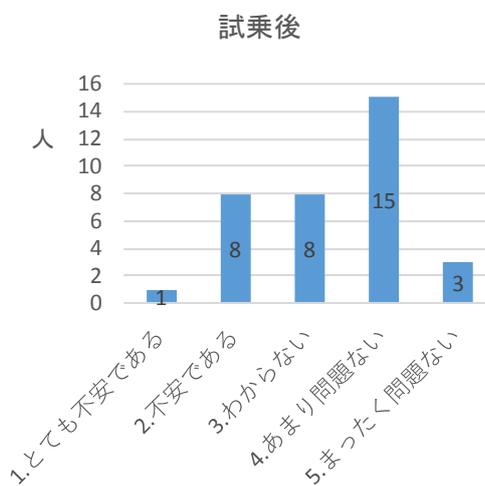
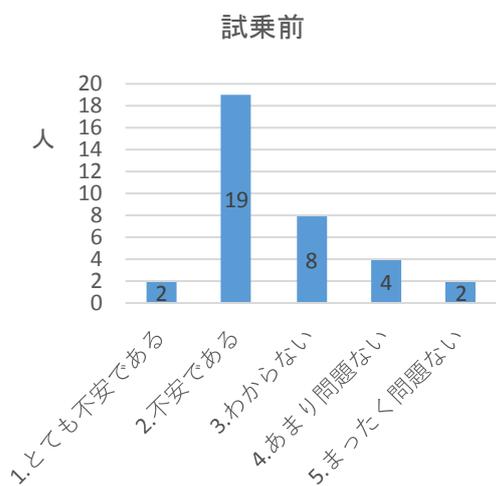
2) 乗客同士のトラブルが起きた時の対応



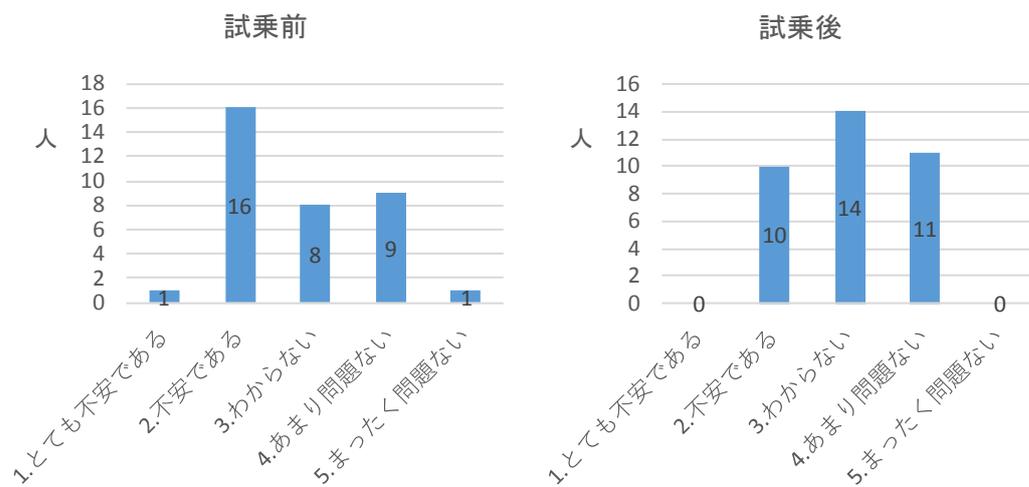
3) 料金の受け渡し方法



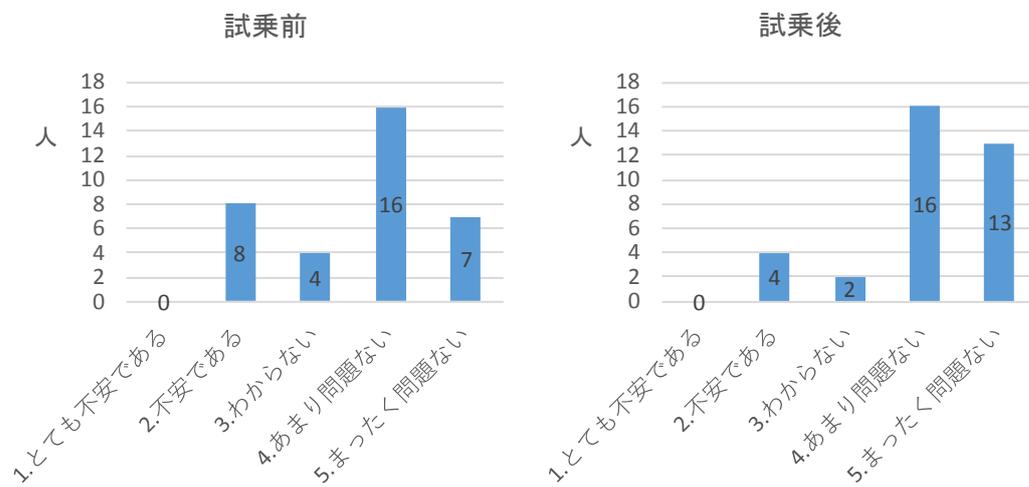
4) 乗客の怪我や急病時の対応



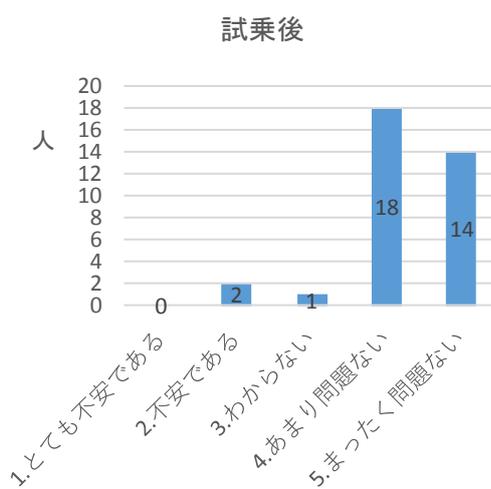
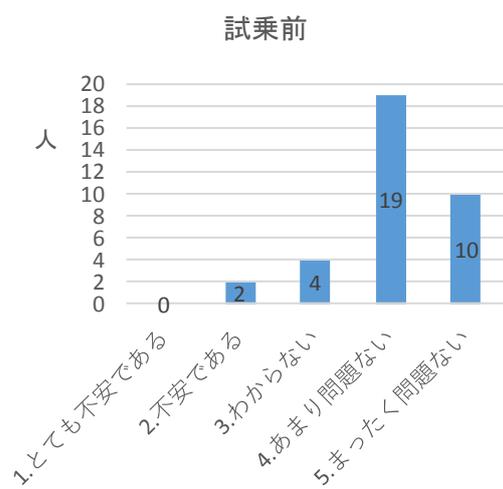
5) 高齢者・障害者の乗り降りのサポート



6) 乗客が行先や料金等を気楽に聞けなくなる



7) 乗客との挨拶やふれあいが無くなる



6.1.1.2. ヒアリング時の代表的な意見

■ 民間企業（交通事業者）

- 車線変更が不安であった。車線変更時、少しスピードが落ちすぎているため、危険を感じた。周囲の走行車両にスピードを合わせきれていない。
- 抱えている交通課題は、山間部の交通網をどのように維持していくか。運転手が不足している中、維持していかなければならない。
- 自動運転に期待することは、まず運転手不足の解消。そして人的ミスの減少による事故の減少。
- 完全自動でなくとも、運転手の補助となる機能であれば、運転手の疲労減少につながる。運転手が運転以外の業務、たとえば安全性の確保などに集中できる可能性も感じている。
- 通常の運行では乗務員とバス車両との呼吸、周囲の走行車両とのコミュニケーションというものがある。たとえば周囲の走行車が道を譲ってくれる、周囲の走行車に道を譲る際などである。譲っているのに進まない、などの状況は人間が運転していればコミュニケーションの取り方で解決するが自動運転機能の場合はどうなるのか。

■ 民間企業（交通事業者以外）

- ブレーキががくつとなったのは不安に思った。技術的に見るとブレーキに、そこだけ違和感がある。
- 運用コストがいくらになるのか、通信コストがいくらになるかも知りたい。
- 自動化する場合、従業員の勤務時間を考えなくてよくなるから助かる。
- 今後、24時間利用可能な空港が増えてくる。深夜や早朝に市街地から空港までの、もしくは空港から市街地までのバスがさらに必要になるだろう。便数は多くなくてもいいが、移動手段として自動運転バスが活用できないか。
- 他にも、空港内のヒト・モノの移動は様々あり、貨物の輸送、手荷物の輸送、クルーの輸送、お客様の輸送、など現在は基本的に従業員が行っている。この輸送が自動となれば、従業員のアサイン方法も変わってくる。航空会社としても業務の形が変わってくるかもしれない
- 高齢者による事故の減少などにも期待する。
- 限界集落の増加など、今後人口構造的な観点から見ても自動運転は必要となる技術だろう。

■ 地方自治体

- 他の走行車両が自動運転バス走行車線内に無理に入ってくるなど不安である。

- 交通量の少ない郊外部などでは無人でも走行できそうな印象である。郊外部であればもたもた走行することになっても渋滞は発生しない。そういう場所の運転手が必要なくなれば費用がかからなくなるため有り難い。
- 自家用車が増加しバスの利用者数が減少したことで渋滞がひどくなり、バスも目的地に時間通り到着しなくなった。
- 定時性の乱れ、それによる利用者の減少、利用者減少に起因する路線削減という、負のサイクルに入っている。
- 運転手不足解消につながることを期待している。(運転手の確保について) 行政が声掛けしても、強制的にやらせることもできないため、自動運転で解決につながることを期待する。

■ 研究機関 (大学)

- ブレーキががくっとなるときがあり、違和感があった。あのがくっとなるときはシステムによる停車を行ったのかドライバーによる停車を行ったのかわからなかったが、タイヤが完全に止まる際のがくっとなっていた。加速はスムーズであるにもかかわらず、ブレーキが急なのはなぜなのか。
- 完全無人ではなく、ADAS のレベルの高いものを目指してもいいのかもしれない。
- 乗客のモニタリングを行っているのであれば、加減速とモニタリング状況(車内状況)を連動させることは考えないのか。「発車・停車するため危険です」とアナウンスするよりも車内状況をモニタリングしながら連動させてゆっくり止まるなど行ったほうがいいのか。

6.2. 道路インフラのあり方調査

自動運転バスの走行に適した走行空間、道路幾何構造のあり方について記述する。なお、道路舗装については、自動走行バスの重量や運行頻度が多くなく、わだち掘りが形成されるとは考えられない。なお、石垣市における自動走行社会実験の報告を参考にされたい。

6.2.1 道路インフラの現状

- ・ 今回の社会実験では、沖縄宜野湾市マリーナ～イオンモール沖縄ライカム間の国道 58 号、国道 58 号宜野湾バイパス、県道 81 号（普天間線）、国道 330 号の全長約 20km の走行ルートにて実証実験を実施している。
- ・ 交通量は、平日 24 時間交通量は国道 58 号(宜野湾市字真志喜)で 70,887 台/日、国道 330 号(宜野湾市字普天間)で 47,881 台/日となっている。(出典：交通センサスより引用)

(1) 道路の状況

イオンモール沖縄ライカムから宜野湾マリーナまでの走行ルートの道路状況を以下に記述する。

① イオンモール沖縄ライカム

現在運用されているバス乗降場を発着場とした。乗降場は標準タイプの縁石を用いて車道部より 18cm 高くなっており、歩行者の安全性が確保されている。乗降場の直線区間は 30m 程度である。



図 6.2.1-1 イオンモール沖縄ライカム（自動走行バス発着場）

②国道 330 号

国道 330 号は、自動走行の支障となるものはほとんど見受けられず、優れた走行環境にある。

また、車道と歩道は歩車分離が確実に行われ、植栽帯の配置で歩行者の安全を確保している。走行車線においても中央分離帯によって車線の明確な区分けができており、走行車両の安全性も確保されている。なお、対向 4 車線となっているので、後続車が容易に自動走行車を追い抜くことが可能な状況である。

表 6.2.1-1 国道 330 号の道路状況

項目	状況	備考
車線数	対向 4 車線	片側 2 車線(右折レーン+1 車線付加)
中央分離帯	○	一部区間は中央分離帯に植栽帯がある
ガードレール	△	一部区間で設置されている
植栽帯	○	歩道側には常に植栽帯が配置されている
交通量	多い	通常は流れているが通勤・帰宅時間帯は渋滞する
歩道橋	1 箇所	GNSS 情報の受信に支障の可能性あり



図 6. 2. 1-2 国道 330 号の道路状況

③ 県道 81 号(普天間線)

県道 81 号(普天間線)は対向 4 車線となっており、後続車は自動走行車を容易に追い抜くことが可能な状況である。車道と歩道の歩車分離が確実に行われ、植栽帯の配置で歩行者の安全を確保している。また植栽帯の一部区間に高木が使用されている。路肩に駐車車両が多く見られる箇所がある。

表 6.2.1-2 県道 81 号(普天間線)の道路状況

項目	状況	備考
車線数	対向 4 車線	片側 2 車線(右折レーン+1 車線付加)
幅員(片側)	0.0m(0.00m)	側方余裕 0.00m
中央分離帯	○	一部区間は中央分離帯に植栽帯がある
植栽帯	○	一部区間に高木が使用されている
交通量	多い	通常は流れているが通勤・帰宅時間帯は渋滞する
歩道橋	1 箇所	GNSS 情報の受信に支障の可能性あり



図 6.2.1-3 県道 81 号の道路状況

④国道 58 号

国道 58 号は、対向 6 車線で交通量の非常に多く、朝・夕の時間帯では渋滞が発生している。

一部区間でバス専用レーンが設定され、その空間はカラー舗装にて明示されている。車両が多く渋滞していること、片側 3 車線と広い幅員となっているため、右折レーンに入るときには早い段階で中央分離帯側車線に入らないと車線変更が難しい状況にある。

表 6.2.1-3 国道 58 号の道路状況

項目	状況	備考
車線数	対向 6 車線	片側 3 車線(右折レーン+1 車線付加)
中央分離帯	○	一部で中央分離帯上に柵が配置されている
ガードレール	△	一部区間で設置されている
植栽帯	△	一部区間に高木が使用されている
交通量	多い	通常は流れているが通勤・帰宅時間帯は渋滞する
バスレーン	○	一部区間にバス専用レーンがある(7:00~9:00)
歩道橋	1 箇所	GNSS 情報の受信に支障の可能性あり



図 6.2.1-4 国道 58 号の状況

⑤ 宜野湾マリーナ(自動走行発着場)

宜野湾マリーナでは、50m以上の直線を確保でき、車道と歩道の分離がなされている空間であることなど、正着制御の実験を行うのに適した条件となっている。本実験のため、簡易型磁気マーカーを50cmピッチで配置された。また、宜野湾マリーナ施設内の道路ということもあり、走行速度も低く、中央の区画線の明示はないものの、2車線の幅員が確保されておりすれ違い可能であるなど安全性が確保できる。



図 6.2.1-5 宜野湾マリーナ（自動走行バス発着場）

⑥国道 58 号(バイパス)

国道 58 号(バイパス)では対向 4 車線で車道と歩道は歩車分離が確実に行われ、植栽帯の配置で歩行者の安全を確保している。走行車線においても中央分離帯によって車線の明確な区分けができており、走行車両の安全性も確保されている。路肩が広いこともあり、商業車などの業務用車の駐停車が見られる。

表 6.2.1-4 国道 58 号（バイパス）の道路状況

項目	状況	備考
車線数	対向 4 車線	片側 2 車線(右折レーン+1 車線付加)
中央分離帯	○	中央分離帯上に植栽(高木)が使用されている
植栽帯	○	一定スパンで高木が使用されている
交通量	普通	信号待ちでは停留するが渋滞というほどでもない



図 6. 2. 1-6 国道 58 号(バイパス)の状況

6.2.2 路線バス路線

ここでは、走行ルートメイン部分となる県道81号の道路幾何構造について記述する。

- ・車線数 対向4車線(片側2車線)
- ・歩道幅員 5.0m

で、県道では珍しく中央分離帯が確保されている。主要な地方道路であることがわかる。

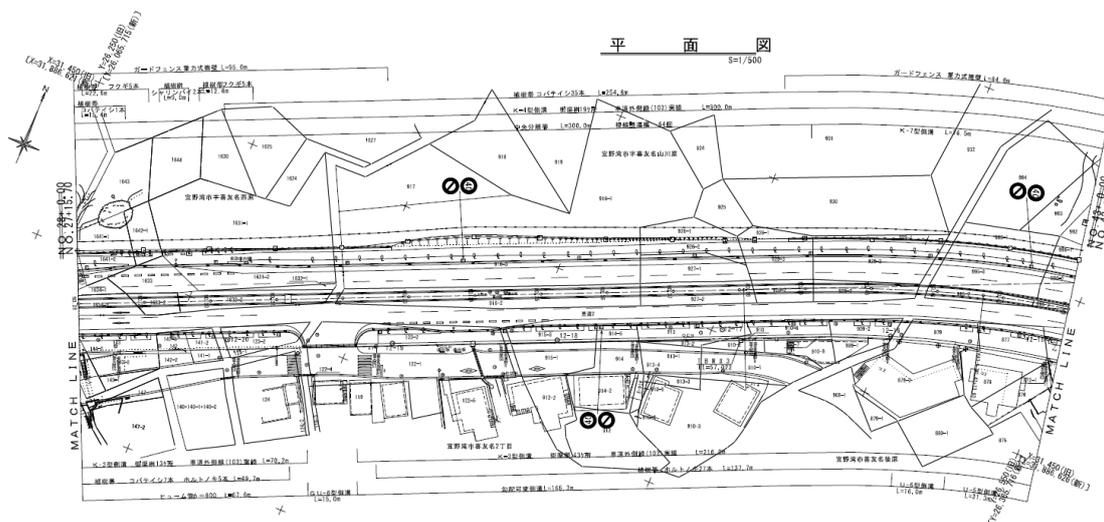


図 6.2.1-7 県道81号の平面図



図 6.2.1-8 県道の状況

県道でも主要地方道路であり、中央分離帯が整備されている。また、道路の沿道状況は、片側が米軍基地となっており、接道している建物は大型構造物はないものの、比較的密集している。

宜野湾区間（伊佐 - 普天間）を通るバス路線は以下の通りである。

- 23 番・具志川線（琉球バス交通）
- 31 番・泡瀬西線（東陽バス）
- 77 番・名護東線（沖縄バス）
- 88 番・宜野湾線（琉球バス交通）
- 223 番・具志川おもろまち線（琉球バス交通）

6.2.3 停留所施設

今回の社会実験の走行ルート上において、既存のバス停である県道 81 号「普天間入口バス停」で正着制御機能の検証が行われた。以下に「普天間入口バス停」の状況を示す。

- ・ 「普天間入口バス停」は、沖縄市においては標準的なバス停留であり、バス乗降による後部車両の渋滞を発生させないように、歩道部に切り欠きがある。
- ・ なお、切り欠きの形状・寸法は、道路幾何構造図に示すように、長さ 50.0m×2.5m となっている。
- ・ 停留所には、日差しや風雨を避けることができる屋根が取り付けられていない。
- ・ バス停案内表示板のメンテナンスがされておらず、記載文字で難読な箇所がある。
- ・ バスロケーションのような情報通信システムは整備されていない。



図 6. 2. 3-1 普天間入口バス停写真

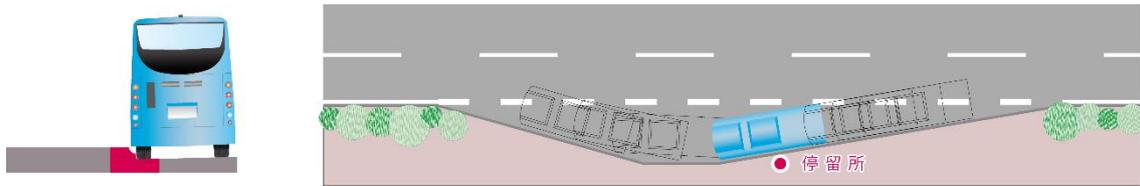


図 6.2.3-4 自動走行に適したバス停の幾何構造

一方、上図 6.2.3-4 は、現技術レベルで正着性を確保するのに適したバス停の道路幾何構造である。本方式では、事前に作成された 3 次元デジタル地図の決められた走行軌跡を一方方向の操舵だけで正着することが可能である。前述のようなバス停で要求された、難しい切り返し制御が不要となる。

わが国の既存の社会実験では、「三角形切込み型」は切込み型が通常のバス停よりも大きくなるとしている報告もあるが、十分なスタディがされていないと思われる。本バス停構造では、バス停に必要な長さが比較的短くてすみ、整備費が安価ですむものと考えられる。

さらに、これに断面図に赤色で示されるようなカッセルカーブ（後述を参照）を整備すると、正着性が大幅に向上することが期待される。

自動走行に適したバス停の幾何構造には、これ以外にもいくつかのタイプが考えられる。今後、自動走行サービスレベル、バス仕様、運行頻度に応じた理想的なバス停の幾何構造を検証するなど、より現実的な実証試験が望まれる。

6.2.3 カッセルカーブ

公共バスにおいて、身障者や高齢者に移動を高いレベルでサポートするためには、車両もしくは道路インフラ、あるいはその両方が CONNECTED し、“バリアフリー型の停留所を整備することが望まれる。

自動走行バスの停留所として注目されているのが、前述した「カッセルカーブ」である。この「カッセルカーブ」はドイツの PROFILBETON 社の研究開発によって生まれたもので、欧州ではルーアンなど導入が始まっている。わが国では、横浜国大、岡山市などにおいて実証試験が行われ、民間ではゴムメーカーや道路舗装会社が研究開発を進めている状況にある。

新たなタイプの道路インフラ構造を実現には、相当の費用と時間を要するため、その実現は容易でない。1) 自動走行車両の普及状況、2) 自動走行のサービスレベル、3) 導入路線と

路線バスの運行状況、4) 旅客の利用状況、5) 導入ルート of 道路交通状況、6) 使用される自動走行バスの形状・寸法、7) 導入予定事業者など、幾つかのファクターを体系的に配慮し、どのようなステップで段階整備するかを検討することが重要である。

もし、道路構造令の見直しが必要になる場合、関連法基準の改定が必要となる。そのため、並行して自動車側でもどれだけ正着能力を向上できるかを務めていくことが求められる。

一方、自動走行の正着技術の目的は、「バリアフリー」の実現というコンセプトになっているが、正着が実現したとしても、それはバリアフリー機能の一部の実現であり、車椅子利用者の降車には運転手のサポートが欠かせないのが実状である。また、車両面では、バリアフリーではノンステップバスが知られているが、車内もできるだけフラットであること（低床式はタイヤのために車内が狭くなる）、手すり等の補助機能があること、的確な次停留所の案内方法（視覚障害者、聴覚障害者）が導入されていることなど、依然として改善すべき課題は多い。

現在、カッセルカーブなど縁石にタイヤを一部接触させながらバスを停車させる正着性向上技術は、海外の一部地域では既に運用されている。この技術は、乗降口隙間低減への車両仕様変更を必要としない為、日本ならびに世界での導入、拡大が検討されているが、我が国では社会実験にレベルにとどまっている。カッセルカーブの主要な目標は以下の二点と報告されている。（出典：ブリヂストンHP

<http://www.bridgestone.co.jp/corporate/news/2016121603.html>）

①ドライバーに極力負荷をかけず、スムーズかつ安定してバスを縁石に寄せること・・・
ドライバーの技量に応じて発生する、タイヤと縁石の間の正着距離のバラツキおよび接触時の衝撃を低減させること

②縁石接触時のタイヤダメージを低減すること・・・現在、海外の一部地域で実施しているタイヤサイド部を厚くする既存の手法（タイヤ重量増、転がり抵抗悪化傾向）を進化させること

ゴムタイヤメーカーが開発した、ドライバーの技量に依存せず縁石への進入角度を制御する手法として、僅かなハンドル操作で自然に縁石にアプローチ可能な「路肩スロープ」の形状や構造仕様を以下に記述する。

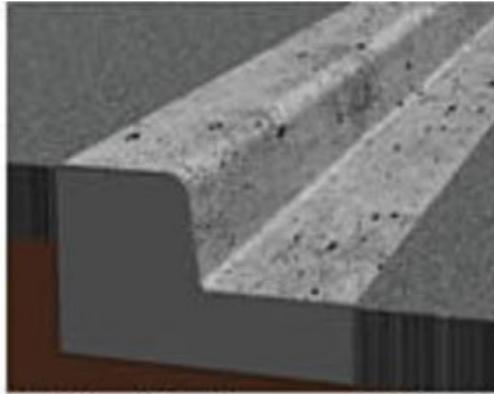


図 6.2.3-1 一般的な縁石

図 6.2.3-1 はわが国の国道や地方道路に利用されている「一般的な縁石」である。図 6.2.3-2 に国土交通省 L 型の状寸法を示す

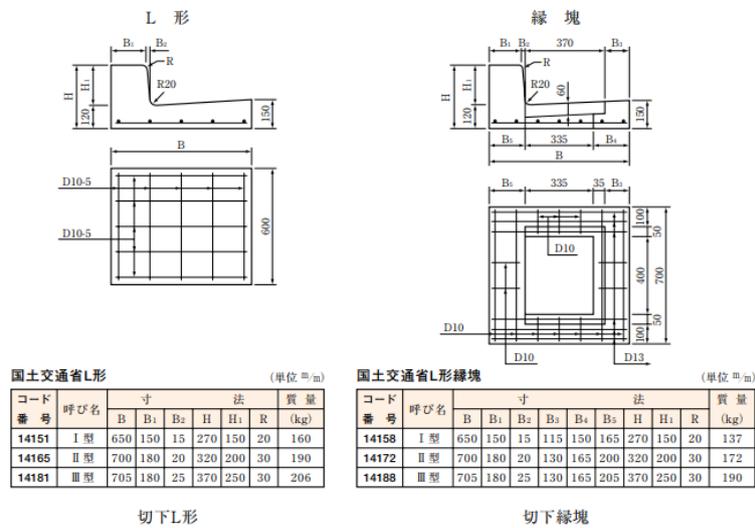


図 6.2.3-2 国土交通省 L 型

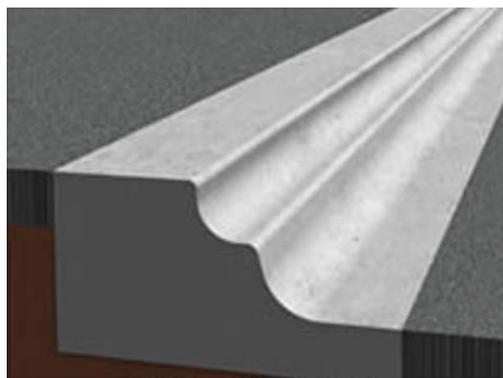


図 6.2.3-3 欧州一般正着縁石

これに対して、図 6. 2. 3-3 が欧州において一般的に利用されている正着縁石と呼ばれているものである。

そのような状況のもと、ゴムタイヤメーカーでは、ラウンド形状を有す「次世代正着縁石」を開発し、実車を用いた検証試験を行っている。その結果、「ラウンド型正着縁石」において、「欧州一般正着縁石」対比で、縁石と車両との間隔を半減し、目標正着距離 40mm 以下を達成したと報告している。さらに、タイヤサイド部へのダメージ（摩耗量）も低減可能な事を確認している。

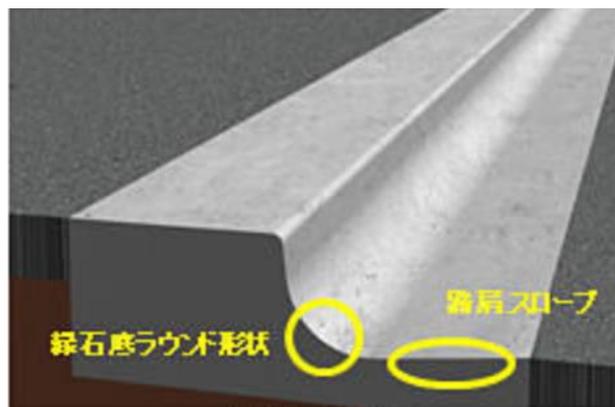


図 6. 2. 3-4 ラウンド型正着縁石





図 6. 2. 3-5 正着性の検証

一方でわが国では、安全運行にきわめて神経を使っているバス運行業者は縁石とタイヤ並びにボディーの一部が接地した場合事故と考えている。そのためドライバーはこうした状況が起こらないよう訓練されている。縁石に擦らせても安心な配慮が必要である。さらに、バス停部分の雨水処理 従来、街渠ますの雨水処理を行っている部分にたいしての対応が望まれる。

以上、自動走行分野の技術に特化するのではなく、交通インフラとして自動走行技術をトータルにとらえ、地域や社会が抱える課題やニーズに取り組んでいくかを示すことが重要である。

6.3. 社会実装に向けた課題整理

社会実装に向けた課題や実現時の嬉しさ、実用化可能性についてまとめたものを、表 6.3-1 に示す。正着制御、速度制御、遠隔監視・車内監視については、課題はまだ残されているものの、実現時の嬉しさがあり、2020 年の実用化可能性も高いため、2020 年からの先行的な導入が期待される。特に車内監視システムについては、現状ドライバにとって大きな負担となっているミラーでの監視をドライバ業務から切り離すことで、ドライバの負荷低減や車内事故の低減といった効果が見込まれる。

一方、車線維持制御・車線変更制御については、実現ができたとしても、慣れないドライバへの負担が増加してしまう可能性もあり、単独での実用化は慎重に検討する必要がある。また、交差点での速度制御については、集中制御信号機における信号現示連携のための設備設置というインフラ的な課題があり、準天頂衛星については受信機や CLAS の精度改善を待つこととなる。

以上のように、2020 年の時点で、有人が前提のレベル 3 でも嬉しさがあり導入が期待される技術は先行的に実用化し、2023 年以降に実路線における完全自動化を目指すといった、段階的な社会実装が有用的と考えられる。

表 6.3-1 要素技術毎の嬉しさおよび課題

検証した要素技術	実用化可能性		実現する“嬉しさ” (交通事業者 / 自治体 / 利用者)	技術課題
	2020~	2023~		
正着制御	○		ユーザーの利便性向上に加えて、乗降時間の短縮効果についても一定の関心が見られた。	バスベイ型バス停では正着距離が不足し、目標制御精度の達成困難
車線維持制御	○		有人運転の場合、慣れないシステム監視等により、ドライバー負担増加の懸念も有り	GPS受信レベルの低下時に制御が不安定化
車線変更制御		○		・交通密度が高く車線変更が困難 ・AIによる周辺環境認識性能の向上が必要
速度制御 (含むACC)	○		ヒューマンエラーによる事故や車内転倒事故の防止に繋がるのであれば有用	
交差点での速度制御 = 信号現示に応じた速度制御	(○) 固定スプリット	○	ジレンマゾーンでの信号予測に基づくブレーキ制御は、車内転倒事故防止に有効	集中制御信号機における信号現示連携には、対応する信号機の整備が必要
準天頂衛星を用いた操舵制御		○	自動運転の低コスト化や安定性向上に資する可能性有り	移動時でのcm級の位置精度達成には、受信機やCLASの改善が必要
遠隔監視・車内監視	○		安全性向上に加えて、ドライバーの軽労化にも寄与する	車内監視の認識精度のさらなる向上

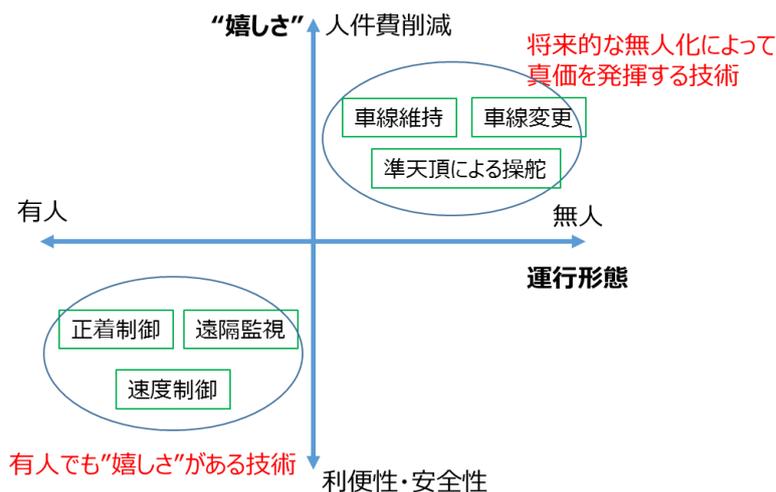


図 6.3-1 要素技術の特徴分類

7. まとめ

『「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）・自動走行システム」沖縄の交通環境下における公共バスのより高度な自動運転制御の実現に向けた調査』を、沖縄県宜野湾市および北中城村において実施した。自動運転ルートは、交通量の多い国道 58 号線や国道 58 号バイパス、国道 330 号、県道 81 号線を通る、イオンモール沖縄ライカムから宜野湾港マリナーナまでの往復約 20km の区間であり、最高速度は 40km/h とした。試乗会期間中の総走行距離は約 440km であり、140 名の方に試乗していただき、アンケートにより現状の自動運転における課題やニーズを把握することができた。

技術的には、車線維持制御や速度制御に加えて、AI を利用した障害物検出、デジタル地図とローカルダイナミックマッピング、ACC 制御、自動車線変更制御、正着制御、準天頂衛星による測位、運行サービスシステム等、幅広い検証を行うことができた。その中で各々の技術の課題や有用性を確認することができ、自動運転の社会実装に向けた道のりを示すための貴重な検証機会となった。

社会実装を実現するためには、本実験で得た課題を元に、技術向上、インフラ整備、法制度整備といったそれぞれの取り組みを緊密に、迅速に実施していく必要がある。