

リスクアセスメントの結果について

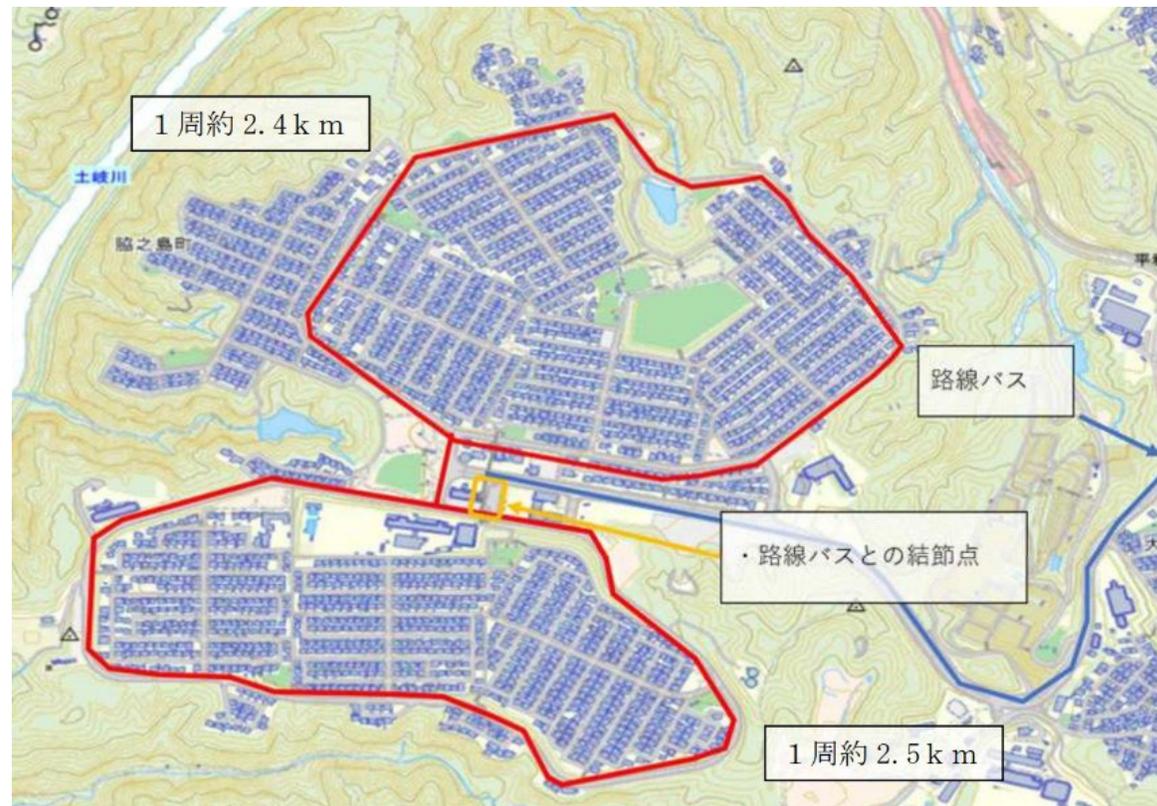
2024.11.13

「ルート概要」と「リスクアセスメントの総評」

ルート概要 (ホワイトタウン団地 外周周回ルート)

多治見市脇之島町の一部エリアであるホワイトタウン団地内を走行する経路であり、1周 約4.9kmのルートを対象とした。

ホワイトタウンは約2,000世帯が居住しており、生活道路における歩行者等の安全な通行を確保することを目的として、時速30km/h程度の速度制限を設けている地域である。



リスクアセスメントの総括

1.総括・評価

- ・想定したシナリオに対しシミュレーションを実施した結果として、おおむね問題なく走行できることが確認された。ただし机上でのシミュレーションの為、実際に現地を走行した際には道路環境の変化などが影響として出る可能性もある。

2.安全対策

以下のような対策が考えられる。

1. 実際の走行時には地域住民への周知徹底を行う。
2. 交通マナーの向上といった社会受容性の向上策を継続的に実施する。
3. 路上駐車回避などを行える箇所を選定を行ったうえで検証を行い安定性の高い走行を行う。
4. 横断歩道を右左折して通過する際には事前に自車の速度設定を低速とし、ブレーキをかけることで自車が完全停止できるまで余裕を持たせるように設定をすることで安全性を高めることが出来る。
5. 非優先道路からの合流では、事前に自動運転用地図に検知範囲(Detection area)を設定し対応をする。

リスクアセスメントの総評

走行ルートに対する判定

データ結果を基に各項目の評価判定を行い、調査一覧表を作成した。

「判定」の基準

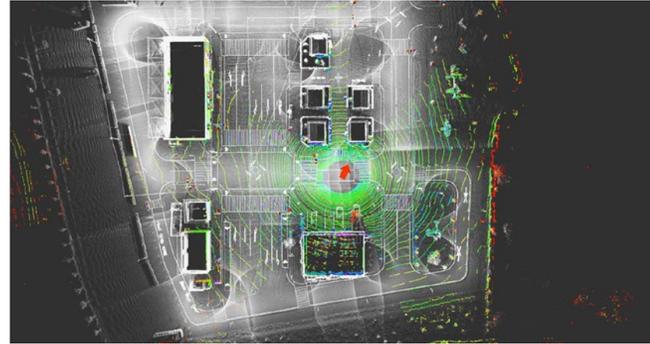
- **良好**：自動運転は支障がないため、対応策を講じる必要はない。
- **良好(一部注意が必要)**：自動運転は可能だが、対策を講じ安全性を高める必要がある。
- **影響有**：自動運転に支障がでるため、対応策を講じる必要がある。

調査内容	判定	対策箇所	対策
		走行ルート側	
自己位置推定調査	良好(一部注意が必要)	天平台/桃山台付近	マップマッチングが難しい区間では、GNSS走行で補完する必要がある。また、磁気マーカーなどの導入を検討する。
走行環境(道路幅)	良好	-	問題なし
走行環境(勾配)	良好	-	問題なし
走行環境(植栽)	影響有※実車検証が必要	白鳳台、桃山台-平安台区間	風の影響で車道側に枝が張り出す場合は障害物を検知するリスクがあるため、部分的な剪定作業が必要となる可能性がある。
GNSS調査	良好(一部注意が必要)	多治見市立脇之島小学校	マップマッチングによる自己位置推定：NDT（Normal Distribution Transform）を用いた自動走行を視野に入れ走行する。
通信調査	良好(一部注意が必要)	スループットは上り下り全体 電波強度:劣化部分あり	実証実験でも検証することが望ましい。長期的な対策としては基地局の設置検討もあり得る。
ルート評価	良好(一部注意が必要)	多治見ホワイトタウン停留所	技術的には走行可能な範囲内だが、万が一に備えて運用面でのカバー等も想定する。
危険回避調査	良好	—	技術的には問題ないが運用面でのカバーであったりさらに安全性を高める為に周知喚起を行うなどの対策を推奨する。

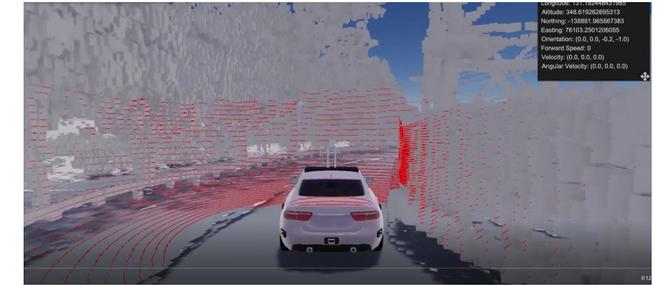
【参考】 リスクアセスメント実施／検証

リスクアセスメント実施／検証

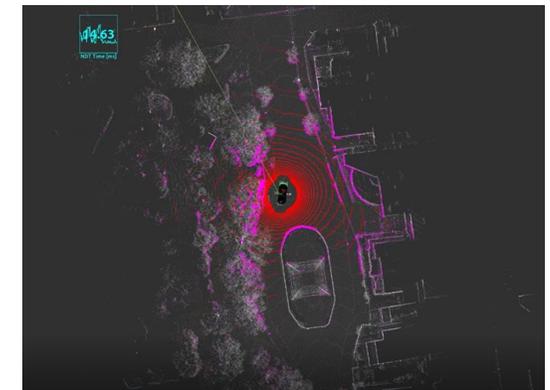
- ① MMS計測（3次元地図取得）
- ② 自己位置シミュレーション
- ③ 通信環境調査
- ③-1 通信調査
- ③-2 GNSS観測状態調査
- ④ リスクアセスメント・ルート評価
- ⑤ 事故データ等を活用したリスク調査
- ⑥ 走行シミュレーションによる危険回避調査
- ⑦ ODD設計書



3次元地図と自己位置表示



シミュレーター走行イメージ

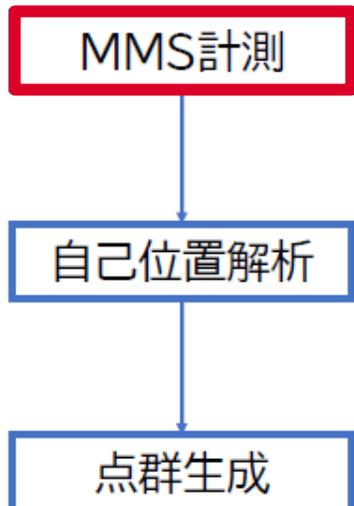


シミュレーターイメージ(Rosbag)

①MMS計測（3次元地図取得）

データ作成工程におけるMMS計測

MMSの車両計測により、トンネル調査・道路台帳作成・高精度3D-GIS マップデータ収集や車両モデルのバーチャル実証用リアル道路データ取得などを行う。MMS計測を実施したうえで、自己位置解析、点群生成、画像変換を行い、自動運転車両走行に必要なデータを作成する。

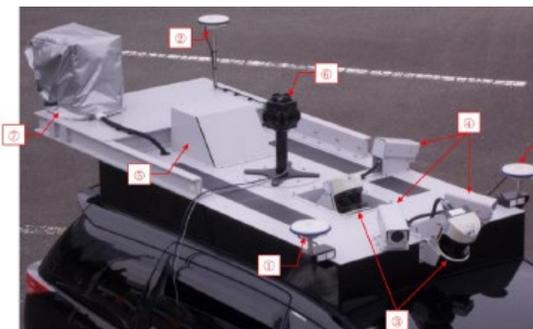


MMS（モバイルマッピングシステム：車載型の移動式高精度3次元計測システム）を用いて3次元位置情報を計測

※GPS、レーザスキャナー、カメラなどの機器を車両に搭載し、走行しながら建物・道路の形状・標識・ガードレール・路面文字・マンホール等の道路周辺の3次元位置情報を高精度に取得

取得した車両姿勢位置情報や、GNSS 観測情報と電子基準点データ（株式会社ジェノバより提供）を用いて、ネットワーク型RTK 処理を行い、自己位置（車両位置）を計算

自己位置情報を基に、取得したレーザデータへ位置情報（座標値）を付与



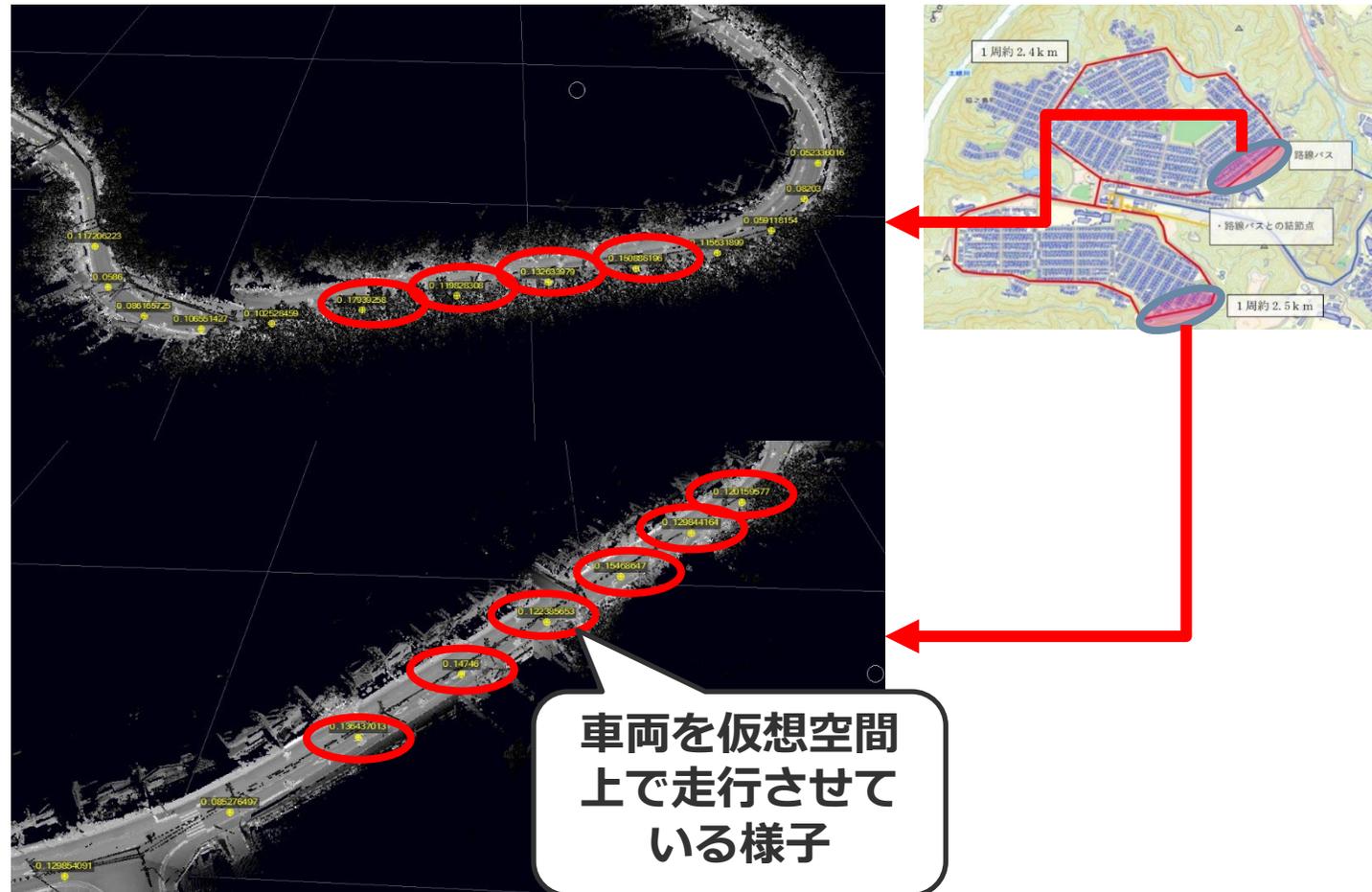
- ①GPSアンテナ(1周波)
- ②GPSアンテナ(2周波)
- ③レーザスキャナ(前:下向き 後:上向き)
- ④カメラユニット(前右/前左/左横方向)
- ⑤IMU(防水ケース内に収納)
- ⑥全方位カメラ(LADYBUG5)
- ⑦高精度レーザスキャナ(S-2100)

◀ 機器設置箇所

②自己位置シミュレーション

自己位置推定が外れてしまう可能性について

自己位置の推定調査を実施した。なお、下図はMMS計測で取得した3次元地図上で自動運転車両を走行させた場合の自己位置を示したものである。



②自己位置シミュレーション

シミュレータによる自己位置推定分析結果

自己位置の推定調査を実施した結果、平安台付近と天平台付近において、多少、推奨値よりも値が大きい箇所があるが、最大17cmは問題ない範囲。また、一部区間内が推奨値を超えていても、前後の区間では推奨値内の為、自動走行に問題ないと見受けられる。

<2D route>

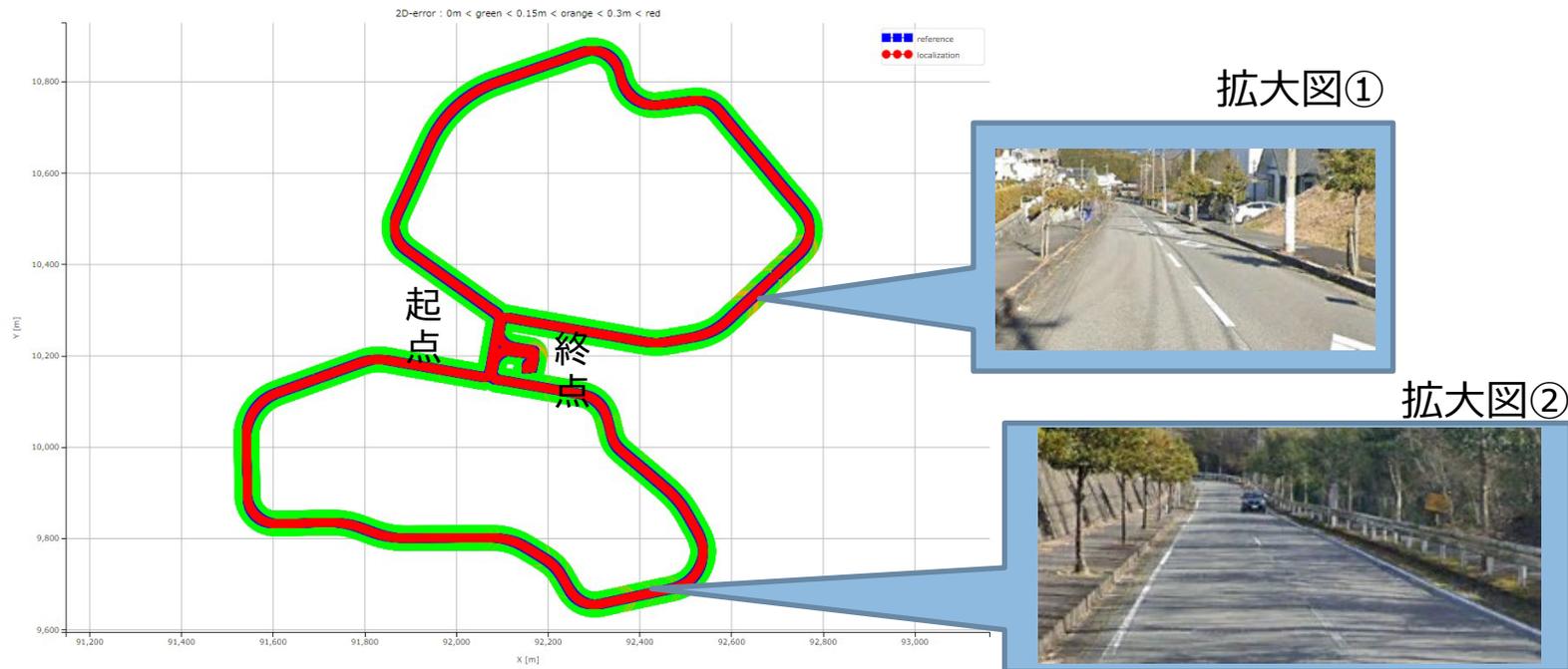
横軸：X位置 縦軸：Y位置

平面プロット図

平面誤差値によって色分けし右図に示した。

緑が誤差値15cm未満

橙が誤差値30cm未満



(結果)一部区間で平面誤差値が推奨値より超えている箇所があるが概ね推奨値内の為、自動走行時には橙箇所(拡大図①、②)のみ注意が必要である。

③通信環境調査／③-1 通信調査

測定に使用する機器

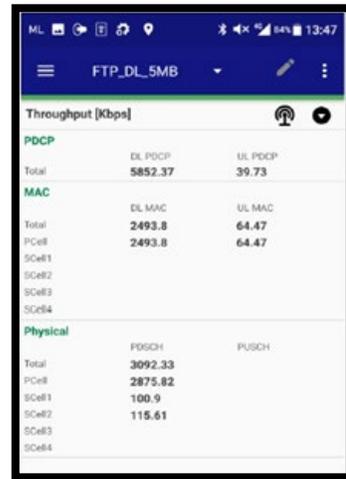
下図に示すような通信機器を使用して、通信調査を実施した。スループット測定は通信の速度を調査するものであり、電波測定は電波の品質等を調査するものである。

① スループット測定

- 測定専用スマホ（KAMS）上、専用ソフト（SIGMA-ML, SIGMA-PA）を使って、周波数固定、測定を行う。FTPダウンロード、アップロードした際のリアルタイムのスループットを端末のMAP上でプロットし、通信の速度を調査する。



スループット測定で
使用した端末

A screenshot of a mobile application interface showing throughput data. The title is 'FTP_DL_5MB'. The main heading is 'Throughput [Kbps]'. There are three sections: PDCP, MAC, and Physical, each with a table of data for Total, PCell, and four SCells (SCell1-4).

PDCP		
	DL PDCP	UL PDCP
Total	5852.37	39.73
MAC		
	DL MAC	UL MAC
Total	2493.8	64.47
PCell	2493.8	64.47
SCell1		
SCell2		
SCell3		
SCell4		
Physical		
	PDSCH	PUSCH
Total	3092.33	
PCell	2875.82	
SCell1	100.9	
SCell2	115.61	
SCell3		
SCell4		

スループット測定画面

② 電波測定

- スキャナを使って、複数周波数を一度に測定。測定スタートすると、タブレット上のMAPにGPSアンテナで検知した緯度経度に測定結果（電波の強さ、電波の品質など）をプロットする。



電波測定設定画面イメージ
(どの周波数を測定するか複数選択可能)

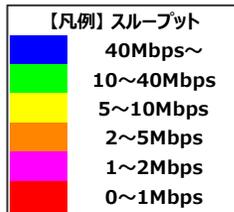
③通信環境調査／③-1 通信調査

スループット測定結果

主に住宅街を走行するルートで、内側の住宅地の方がグランドレベル高が高いためその**建物と地形による遮蔽影響を受け弱電界**。また周辺の樹木エリアは更にグランドレベル高が高くなっているため、**基地局とルート間の樹木および地形による遮蔽により弱電界が発生し低THP**となっている。

	上りスループット	下りスループット
4G	0.0~15.94	0.0~39.20
5G	0.001~38.112	0.001~336.252

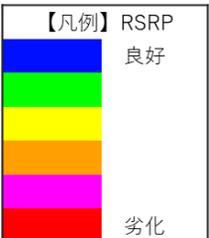
単位: Mbps 「1秒間に送受信できるデータ量」



電波測定結果

住宅地の方がグランドレベル高が高いためその**建物と地形による遮蔽影響を受け弱電**である。また5Gエリアでは全ルート取得は困難である。

	RSRP(電波強度)	SINR(信号対干渉雑音比)
4G	良好~注意	良好~劣化
5G	注意	注意



③通信環境調査／③-2 GNSS観測状況調査

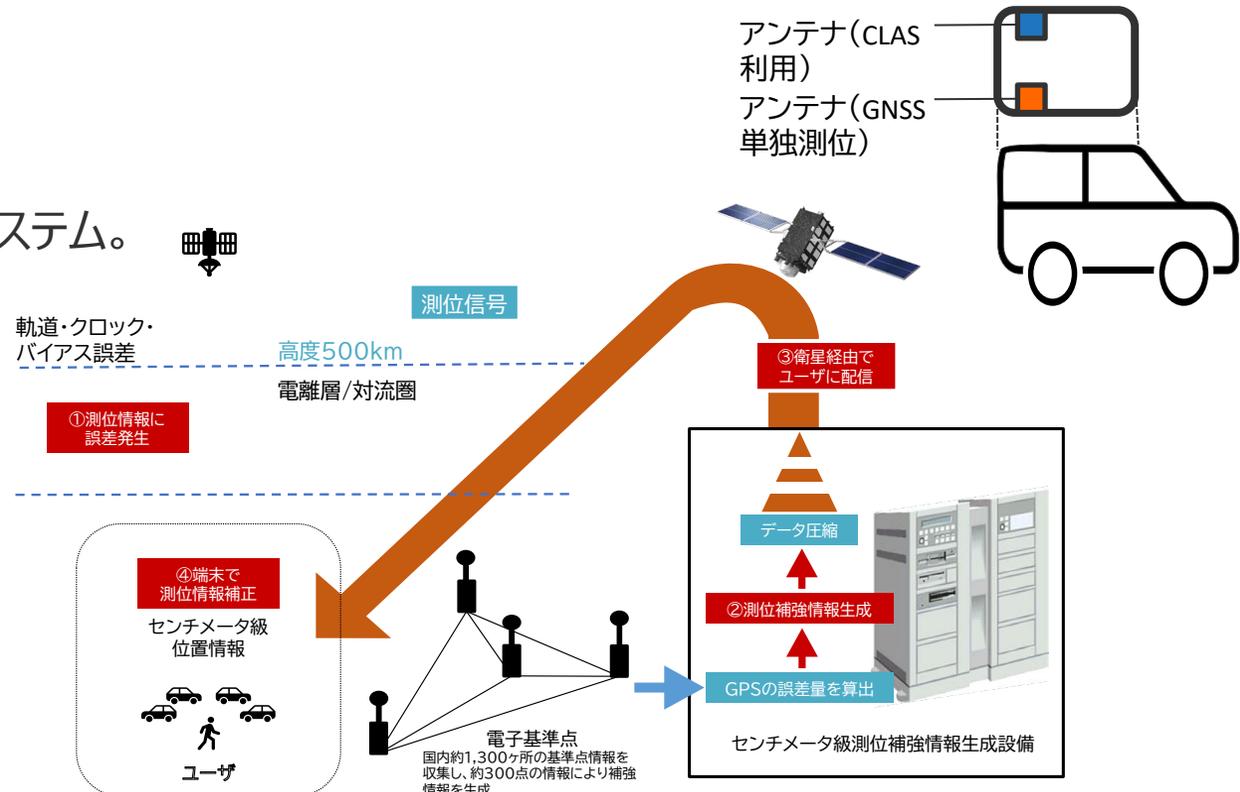
測定方法

下図に示す方法で、CLASとGNSSの調査を実施した。本件は精度比較の為、右側アンテナでは一般GNSSを利用した信号情報のみ左側アンテナでは準天頂衛星によるセンチメートル級補強サービス（右下図参照）で調査した。一般的に現在の自動運転車両に搭載しているGNSSは、主に右側のイメージの結果であり、補強信号サービスは日本独自の信号サービスの為、参考として記載した。

使用機材：三菱電機製AQLOC-Light 2台
アンテナ設置場所：車両天板上後方

※準天頂衛星とガリレオ衛星は、日本やヨーロッパの衛星測位システム。
 それぞれ日本版GPS、欧州版GPSと呼ばれる。

	左側(CLAS)	右側(GNSS)
使用衛星	GPS + 準天頂衛星	GPS + 準天頂衛星 + ガリレオ衛星
利用した補強サービス	CLAS	なし
目的とする検証項目	(参考)高精度測位解	衛星数・HDOP・精度



③通信環境調査／③-2 GNSS観測状況調査

調査結果

GNSS走行を行うにあたって、概ね問題はないと判断できる。

要注意箇所としては、2回測定して両方とも多治見市立脇之島小学校の北側道路にてFLOAT解になりやすい。

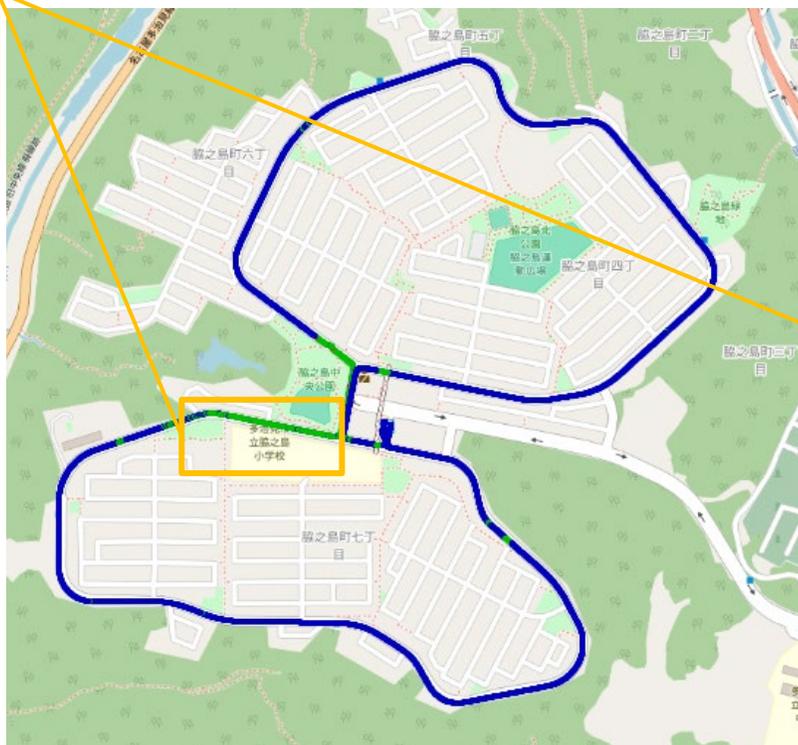
原因としては、衛星数は取得できているため、衛星の配置に伴うものだと考えられる。

距離が短いのと2回目走行時は顕著ではないことから、すぐFIX解(正常状態)になると判断でき、GNSS走行において大きな問題ないはないと判断できる。

※測位を開始してから得られる解にはFLOAT解とFIX解が存在し、衛星からの搬送波数の推定が完了するまでの状態をFLOAT解、完了して測位精度が数cmまで収束した状態をFIX解という。

多治見ルート案①	
データ数	6,274
想定データ数	6,157
測位率	98.14%
FIX率	86.44%

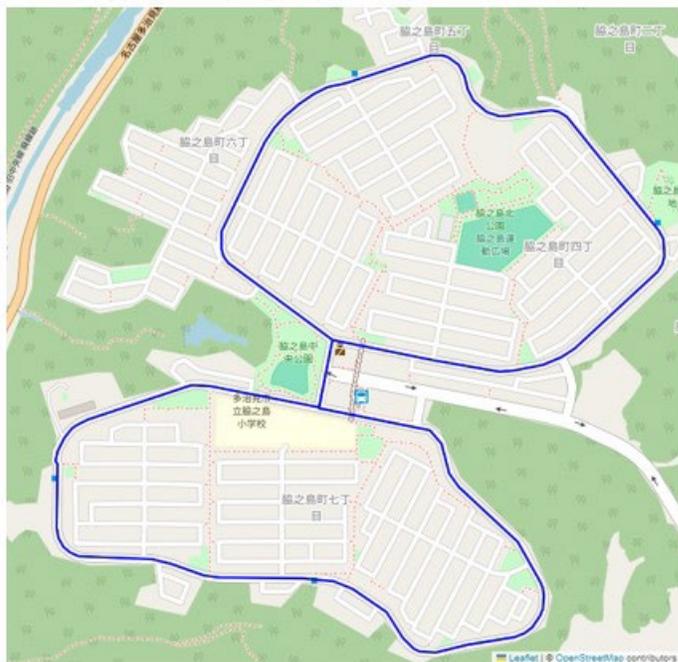
多治見ルート案②	
データ数	6,770
想定データ数	6,769
測位率	99.99%
FIX率	76.99%



④ リスクアセスメント・ルート評価

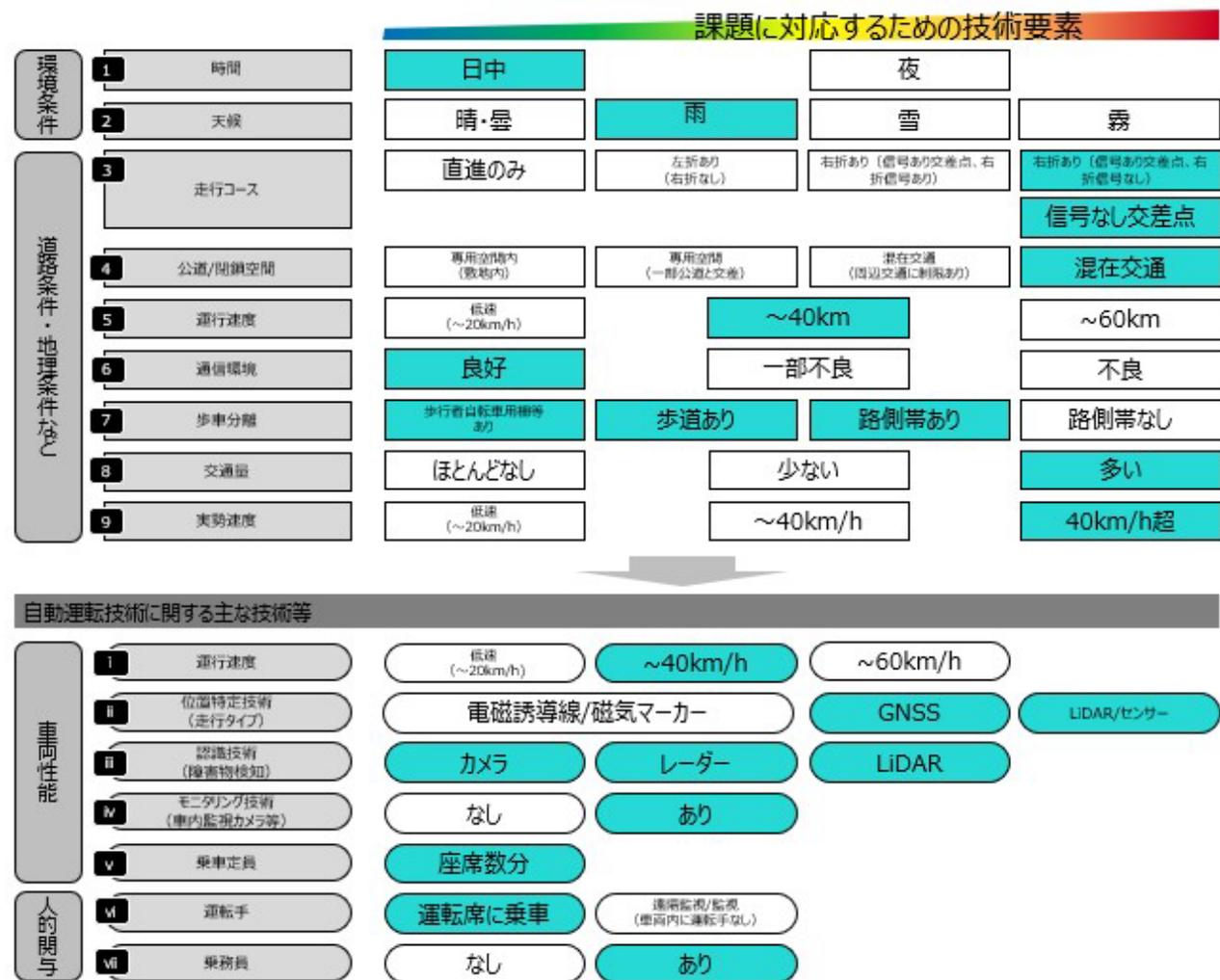
本ルートにおける走行環境条件の設定のパターン化参照モデル

「走行環境条件の設定のパターン化参照モデル」を活用して今回の走行テストの環境条件や道路・地理条件、主に使用する自動運転技術を見える化した。



出典

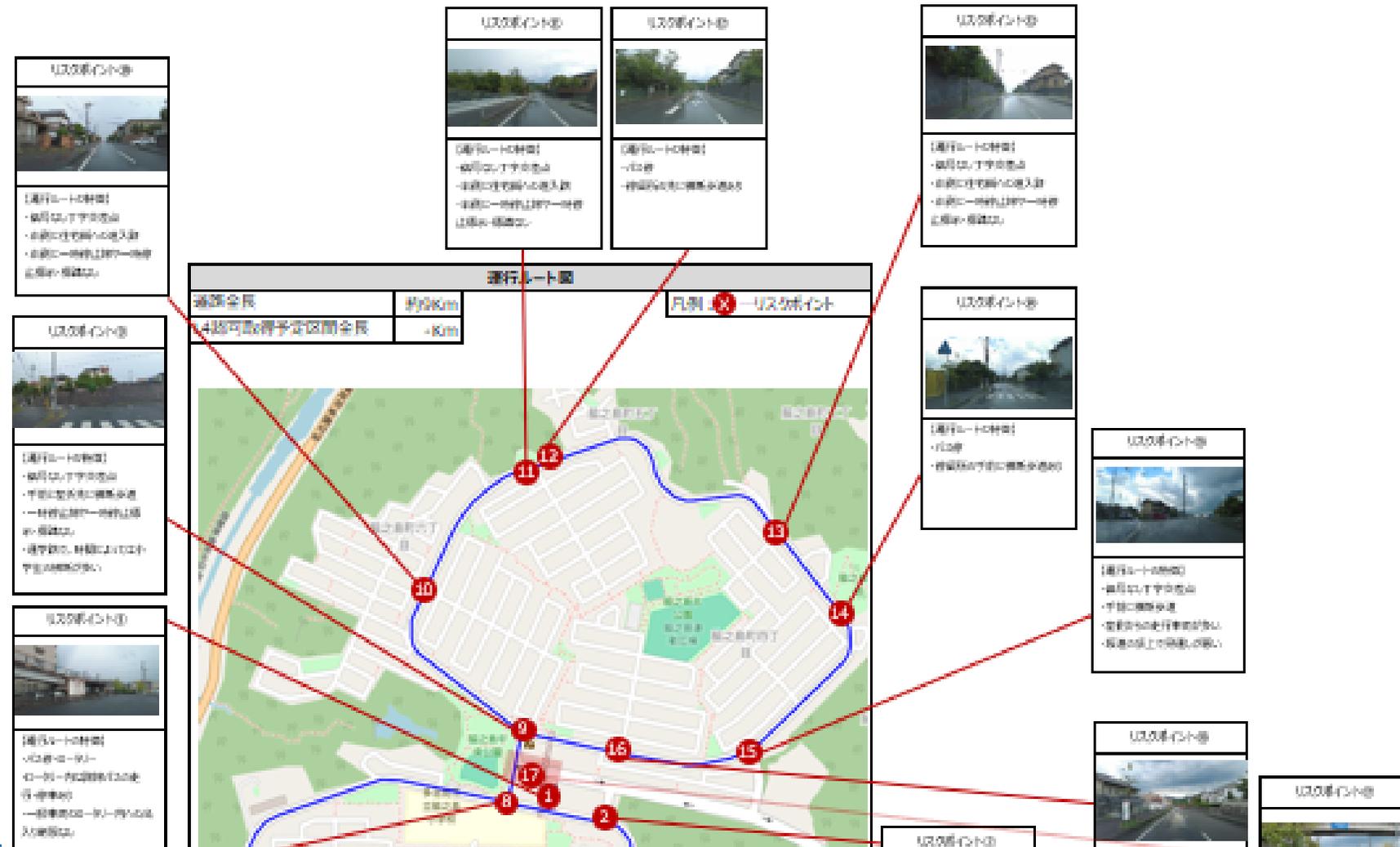
「走行環境条件の設定のパターン化参照モデル」自動走行に係る官民協議会において定義された資料を参考に実施



④ リスクアセスメント・ルート評価

リスクポイントの抽出

走行経路の現地踏査や各種調査結果から、運行ルートの特徴やリスクポイントを抽出した。



※一部抜粋

④ リスクアセスメント・ルート評価

走行経路の難易度アセスによるルート評価結果

前頁で整理した各リスクポイントを一覧表にまとめ、実証走行したことを想定し、事故・運行トラブルがどれほど発生するかを推察し、リスクの相手・内容・要因（車両・交通参加者・インフラ・その他）を深掘し、それに対する対策を整理した。

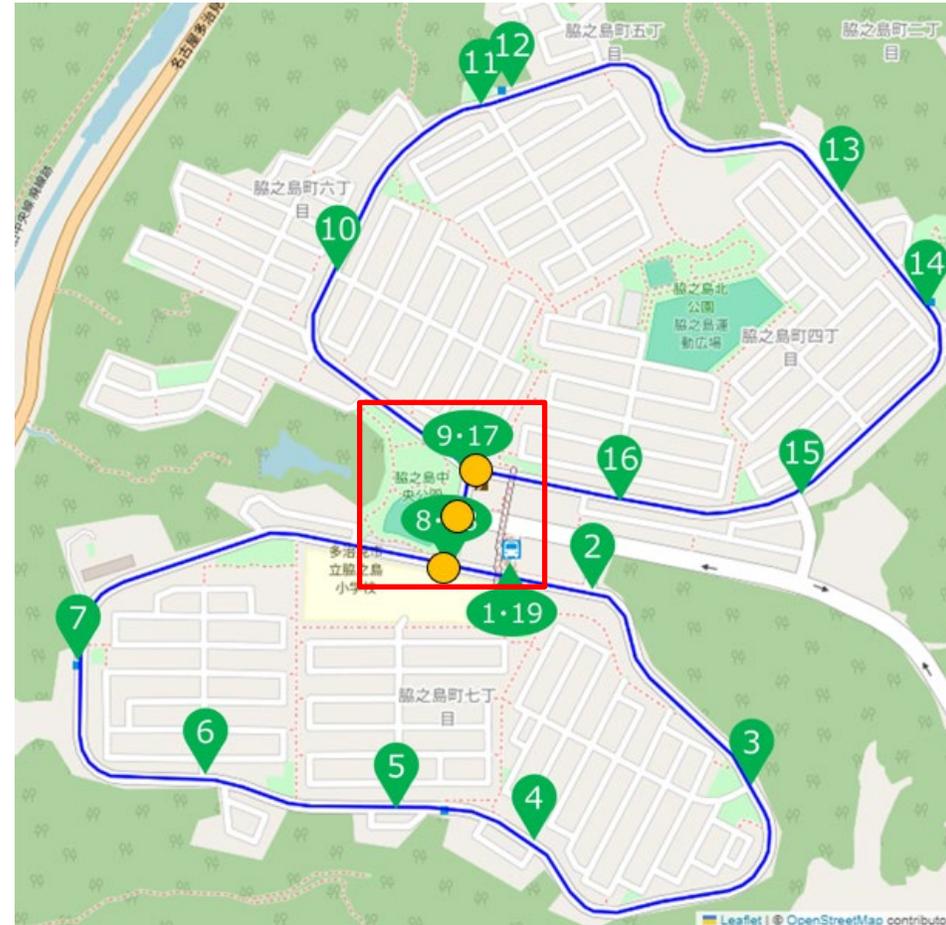
運行ルートの特徴	評価			リスクの相手	リスク内容	リスク要因				対策	
	発生頻度	傷害度	リスクの大きさ			車両要因	交通参加者要因	インフラ要因	その他要因	種別	内容
・バス停・ロータリー	2	2	4	車両	・ロータリー内の他車両との衝突リスク ・ロータリーから左折出場の際、走行車両と出合い頭衝突リスク	○	○			オペレーション・運用	ドライバー側で危険と判断した場合、手動介入を行う
・ロータリー内は路線バスの走行・停車あり ・一般車両のロータリー内への出入り制限なし	2	3	6	車両以外	・ロータリー内車道を横切る歩行者・自転車等との衝突リスク	○	○			その他	自動運転車が走行する旨の看板を設置して注意喚起を図る
・信号なし丁字交差点 ・横断歩道あり	2	3	6	車両以外	・横断歩道の歩行者や自転車と衝突するリスク	○	○			その他	自動運転車が走行する旨の看板を設置して注意喚起を図る
・左側からの走行車両が多い ・道の先が緩い坂道・カーブで見通しが悪い	2	2	4	車両	・左側からの進入車両と出合い頭衝突リスク ・下ってきた対向右折車両と出合い頭衝突リスク	○	○			オペレーション・運用	ドライバー側で危険と判断した場合、手動介入を行う
・信号なし丁字交差点 ・右側に住宅街への進入路	2	2	4	車両以外	・住宅街側から飛び出してきた歩行者・自転車との衝突リスク	○	○			その他	自動運転車が走行する旨の看板を設置して注意喚起を図る
・右側に一時停止線や一時停止標示・標識なし	2	2	4	車両	・右側からの進入車両との出合い頭衝突リスク	○	○			オペレーション・運用	ドライバー側で危険と判断した場合、手動介入を行う
・バス停	2	2	4	車両	・後方から走行してくる二輪車を巻き込むリスク ・停止・発進時に走行車両との衝突リスク	○	○			オペレーション・運用 オペレーション・運用	ドライバー側で危険と判断した場合、手動介入を行う 走行速度を低速に設定して、自動運転の走行難易度を落とす
・信号なし丁字交差点 ・手前に信号なし横断歩道	2	3	6	車両以外	・横断歩道の歩行者や自転車と衝突するリスク ・住宅街側から飛び出してきた歩行者・自転車との衝突リスク	○	○			その他	自動運転車が走行する旨の看板を設置して注意喚起を図る
・右側に住宅街への進入路 ・右側に一時停止線や一時停止標示・標識なし ・脇之島小学校への入り口で、時間によっては交通量がある	2	2	4	車両	・右側からの進入車両との出合い頭衝突リスク	○	○			オペレーション・運用	ドライバー側で危険と判断した場合、手動介入を行う
・信号なし丁字交差点 ・右側に住宅街への進入路	2	2	4	車両以外	・住宅街側から飛び出してきた歩行者・自転車との衝突リスク	○	○			その他	自動運転車が走行する旨の看板を設置して注意喚起を図る
・右側に一時停止線や一時停止標示・標識なし ・児童発達支援センターわかばへの入り口で、時間によっては交通量がある	2	2	4	車両	・右側からの進入車両との出合い頭衝突リスク	○	○			オペレーション・運用	ドライバー側で危険と判断した場合、手動介入を行う

※一部抜粋

④ リスクアセスメント・ルート評価

走行経路の難易度アセスメントによるルート評価結果を下記に記載した。

累積したデータの分析と様々な知見を基に構築した難易度アセスメント手法を用い、8点以上を難易度「中」、10点以上を難易度「高」とし下記走行経路を判定した。本調査ではホワイトタウン多治見停留所付近を「中」と判断した。「高」判定は走行経路上には無い。



- 自動運転の難易度：高
(自動走行に適していない)
- 自動運転の難易度：中
(手動介入が多くなる想定)

④ リスクアセスメント・ルート評価

走行経路の難易度アセスによるルート評価結果

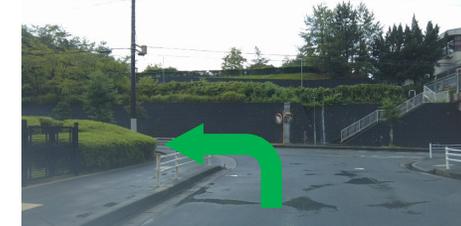
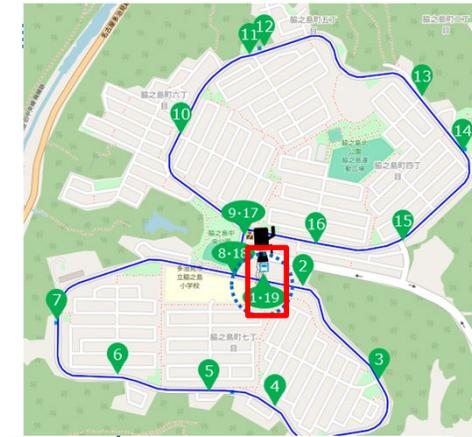
前頁においてナンバリングしている箇所のうちバス停 ホワイトタウンを例として以下に示す。

ユースケース	発進→左折
車両動作	<ul style="list-style-type: none"> ■ 扉を開き、乗客の乗車後、扉を閉める ■ 物体検出(周辺車両・自転車・バイク・歩行者等) ■ 右ウィンカー ■ 発進 ■ 左ウィンカー ■ 出口で一時停止 ■ 物体検出(周辺車両・自転車・バイク・歩行者等) ■ 左折
課題・リスク 確認事項	<ul style="list-style-type: none"> □ 周辺車両・自転車・バイク・歩行者等を認識できるか確認 □ 左右ウィンカーが適切なタイミングで点滅するか確認 □ スムーズに発進できるか確認 □ ロータリー出口にて一時停止できるか確認 □ 合流先の車両やバイク、歩道の歩行者や自転車等を認識できるか確認 □ ルート上に危険がある場合、適切な場所で停車可能か確認

#	場所	車両動作
①	バス停 ホワイトタウン	発進→左折

【走行環境におけるリスク】

- ロータリー内は路線バスの走行・停車がある
- 一般車両のロータリー内への進入が制限されていないため、一般車両が出入りする可能性があり、衝突リスクがある
- 他の停止車両の陰から人が出てくる可能性がある
- 他車両の走行速度が高いため、左折での出場のタイミングに注意が必要



④ リスクアセスメント・ルート評価

1. 総括・評価

1. 非優先道路からの優先道路への合流時には難易度が高くなる。また道路環境側として信号機の無い交差点がある為、難易度を「中」とした。
2. 勾配は4か所のみ10%弱の結果であった。15%以下の為、自動走行には影響がないと判断をした。
3. 道路幅は全走行経路、問題のない幅であった。
4. 現地調査では信号のない交差点での合流や横道からの飛び出しなどのリスクがある。



脇之島町6丁目63

2. 課題・改善点

1. 優先道路への合流時/信号機の無い交差点
2. 公園付近の為、歩行者が時間帯によっては多いと想定
3. 現地調査でリスクとしてあがった懸念点などは別途対策などを行う必要がある。詳細はチェックシートを参考。
4. 脇之島中央公園近辺の交差点に若干のリスクはあるものの、道路構造が単純で歩道もよく整備されている為、レベル4自動運転サービスの導入余地は高い。

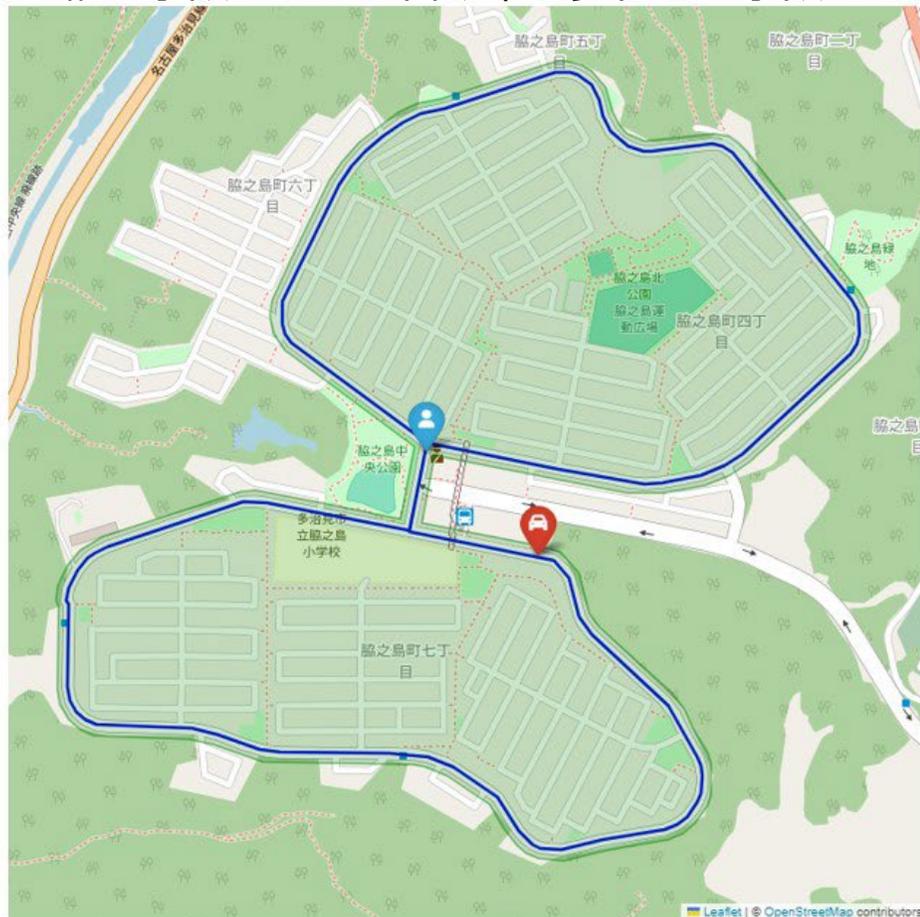


脇之島町6丁目31

⑤ 事故データ等を活用したリスク調査

事故データの確認

損保ジャパン(株)の事故保有データを下記に示した。走行経路上では2件の事故が2019年～2023年の間に発生した。それぞれ、自動車と自動二輪の事故、及び、自動車と歩行者の事故である。



▶ 警察庁の事故統計情報より、走行ルート付近の事故状況を参考に示す
(2019年～2023年の5年間の事故情報を分析)

- 走行ルート付近の事故件数は2件と少ない
- それぞれ、自動車と自動二輪の事故、及び、自動車と歩行者の事故

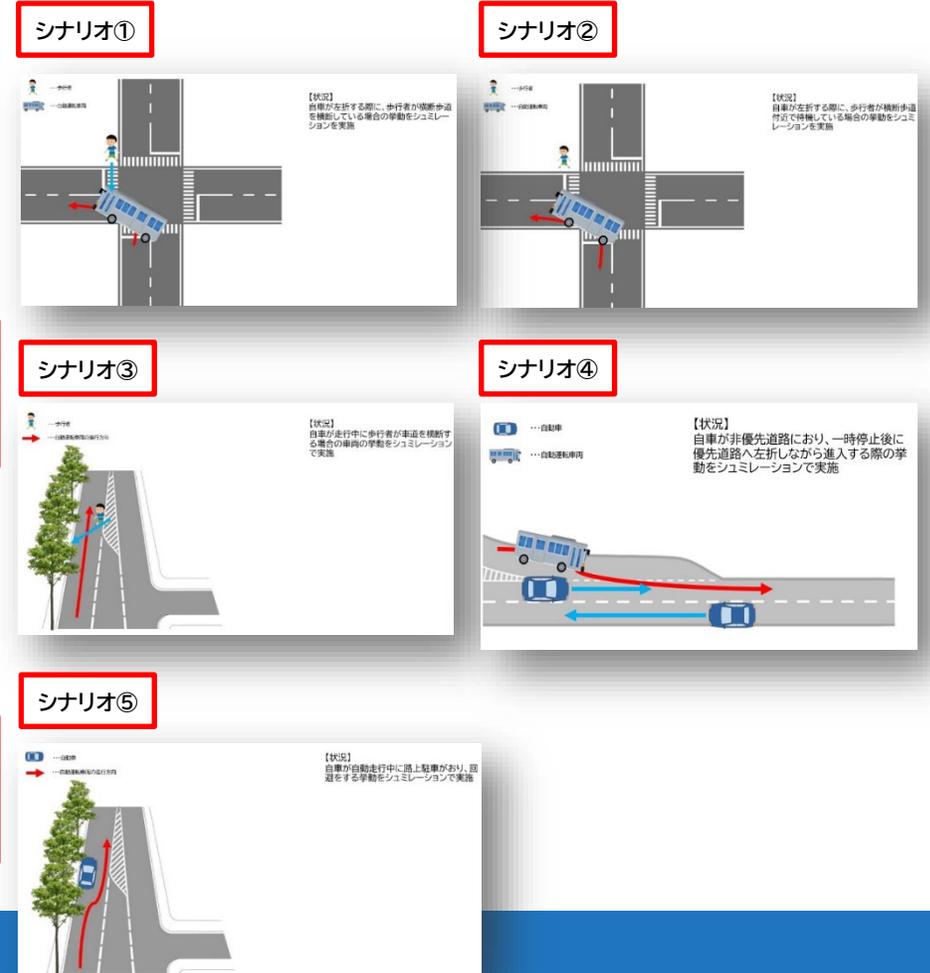
- 🚗 : 車両同士の事故 (自転車含む)
- 🚗 : 車両単独の事故
- 🚶 : 車両-歩行者の事故

⑥ 走行シミュレーションによる危機回避調査

危険回避行動のシミュレーションにあたって必要なシナリオ作成

危険回避行動に必要なシナリオを作成し、仮想空間上に再現したルート上で評価する。シミュレーターを使用しAutoware（自動運転システム）が正しく動作するか確認するとともに、車両が危険を検知した際の動作（例：ぶつかる前に停車するか）も確認した。事故シナリオを5つ設定した。

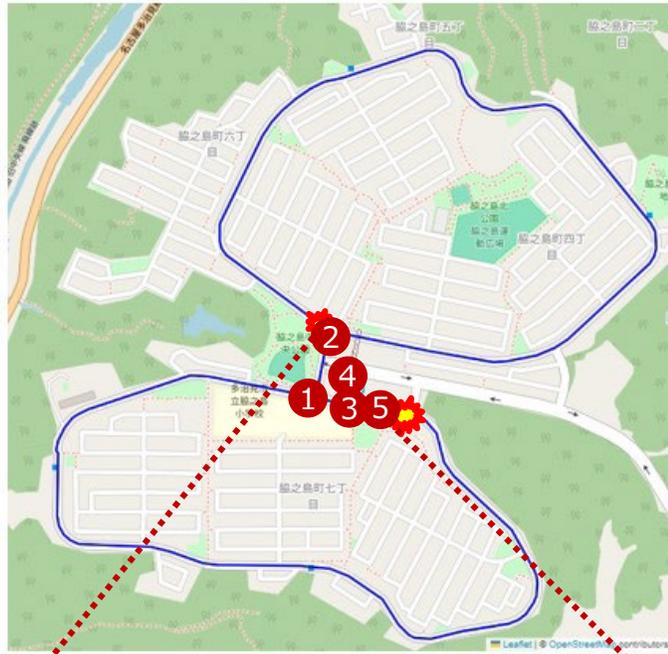
シナリオ	実施内容
①	自車が左折する際に、歩行者が横断歩道を横断している場合の挙動をシミュレーションを実施
②	自車が左折する際に、歩行者が横断歩道付近で待機している場合の挙動をシミュレーションを実施
③	自車が自動走行中に路上駐車があり、回避をする挙動をシミュレーション実施
④	自車が非優先道路におり、一時停止後に優先道路へ左折しながら、侵入する際の挙動をシミュレーション実施
⑤	自車が走行中に歩行者が車道を横断する場合の車両の挙動をシミュレーション実施



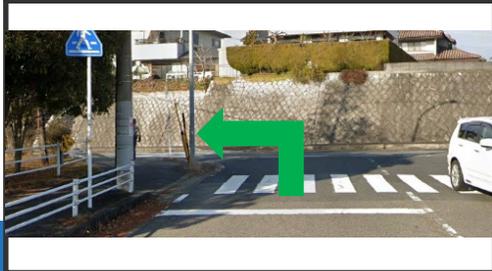
⑥ 走行シミュレーションによる危機回避調査

危険回避行動のシミュレーション結果

シミュレーション結果の一例を以下に示す。なお、前頁提示したシナリオ②・⑤に該当する。



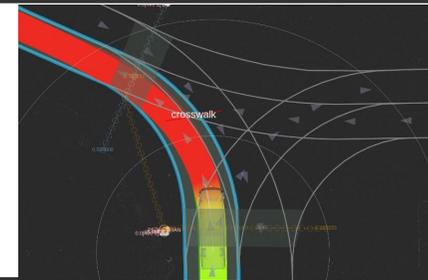
シナリオ②実施個所



シナリオ⑤実施個所



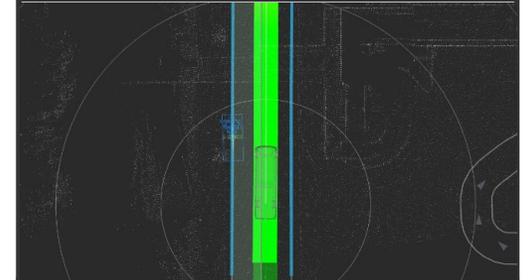
シナリオ②結果 (横断歩道停止2)



【結果】
走行確認、問題なし
歩行者を検知して停車するが、3秒後、歩行者が停止状態であると確認が出来た為、自動で走行を開始した。

【対策】
調査では問題が無かったが、実際の走行では道路環境の変化により影響の差分が出る。安全性の高い走行を行うには周辺住民への周知喚起を行うべきである。

シナリオ⑤結果 (路駐車回避)



【結果】
走行確認、問題なし
停車している車両を駐車車両と認識して、回避経路を生成、復帰経路も問題なく生成し、自動走行で回避が行えた。

【対策】
実際の道路環境下では回避できない事象も発生する。対向車が多く、回避できるだけの道路幅が無いようなところでは対応が困難である。その際には回避を行う場所の指定や運用面でのフォローを行うなどの対策が必要である。

⑦ODD設計書

ODDの設計

ODD（Operational Design Domain）とは、「運行設計領域」を表すものであり、レベル4の認可申請にあたり必要な情報となる。リスクアセスメント結果を踏まえ、以下の通りODD設計書を作成した。今後、レベル2の実証実験等を通して内容の見直しやODD外となるシチュエーションが発生し得るか等を確認・整理する必要がある。

SAEレベル	車両	ドライバー有無	遠隔監視、操舵有無	伴走車有無
Lv2	中型バス	有	要相談	無
	大型バス			
道路条件	環境条件		保安員	走行時速
公道	天候：晴れ, 曇り, 降雨量10mmまで運行 時間：日照中に限る		有	時速35km/h
		降雨量:15mm		時速50km/h 走行
車両動作前提				
最大速度 :35km/h				
障害物検知有(障害物を検知し、減速・停止)				
ルート上に障害物となるものがある場合は、徐行もしくは手前で停止して過ぎ去るのを待つかドライバー介入により回避				
ルート上に歩行者がいる場合は徐行もしくは停止し、安全が確保できた後運行を再開する				
ルート上で停車する場合は他車両が通行できる幅員を確保して停車する。				
介入動作				
ブレーキ介入、AW_STOPボタン押下		ODD設定外または、障害物まで距離があり、停止する余裕のある場合		
ブレーキ介入、緊急停止ボタン押下		障害物まで距離がなく、停止する余裕のない場合		

時速50km/h
走行