



2019年度

「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／車線別プローブ等を活用した自動運転制御の技術検討及び評価」

成果報告書

2020年3月

パシフィックコンサルタンツ株式会社

「本報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務として、パシフィックコンサルタンツ株式会社・株式会社NIPPPOが実施した「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／車線別プローブ等を活用した自動運転制御の技術検討及び評価」の2019年度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、NEDO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、NEDOの承認手続きが必要です。」

< 目 次 >

まえがき	4
和文要約	5
英文要約	6
1. 調査研究の概要	7
1.1. 事業目的	7
1.2. 事業概要	7
2. 各要素の技術検討	9
2.1. 車線別情報の生成技術の検討.....	9
2.2. 車線別情報の生成に必要な車線別プローブの処理技術の検討と評価.....	14
2.3. 車線別情報生成のためのデータ統合技術の検討と評価.....	16
2.4. 車線別情報の配信技術の検討と評価.....	17
3. 実証実験	18
3.1 実証実験実施方針（案）の検討.....	18

まえがき

本業務は、「戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／車線別プローブ等を活用した自動運転制御の技術検討及び評価」において、車線別の渋滞情報、駐車車両情報、落下物等情報及び事象規制情報（以下「車線別情報」という）を収集し、自動運転車両に提供するための技術検討を行うものである。

交通事故の低減や交通渋滞の削減、高齢者や移動制約者の方々のモビリティの確保といった社会的課題の解決に加え、物流や移動に係る新たなサービスやビジネスの創出など自動運転がもたらす社会変革への大きな期待があることを背景に、戦略的イノベーション創造プログラム

(SIP) 第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）においては、自動運転を実用化し普及拡大していくことにより、交通事故の低減、交通渋滞の削減、交通制約者のモビリティの確保、物流・移動サービスのドライバー不足の改善・コスト低減等の社会的課題の解決に貢献し、すべての人が質の高い生活を送ることができる社会の実現を目指している。

高速道路での自動運転時に、前方に停止車両や落下物等がある場合や流出路渋滞が存在する場合など、事前に得られる情報が不足している場合や不精緻、不正確である場合に、走行車線から減速車線への車線変更がスムーズに行えない等のケースが想定される。これら想定されるケースを解決するための一つの方策として、車線別の道路交通情報を自動運転車両が入手することで、あらかじめ早い段階で車線変更をする等により安全かつ円滑な自動走行が可能となる。

本検討・評価業務は、この方策を実用化するために、車線別の渋滞情報、駐車車両情報、落下物等情報及び事象規制情報（以下「車線別情報」という）を収集し、自動運転車両に提供するための技術検討を行う。

本検討・評価業務は、この方策を実用化するために、車線別の渋滞情報、駐車車両情報、落下物等情報及び事象規制情報（以下「車線別情報」という）を収集し、自動運転車両に提供するための技術検討を行う。具体的には、東京湾岸2020実証実験の首都高速道路羽田線並びに湾岸線において実証実験（以下「実証実験」という）を行う。この方策については、自動運転システムへの活用のみならず、レベル1やレベル2の運転支援システムとしての活用についても検討する。

英文要約

There are high expectations for social change brought about by automated driving, such as reducing traffic accidents, reducing traffic congestion, ensuring the mobility of the elderly and people with limited mobility, and creating new services and businesses related to logistics and transportation. In the Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP)/Automated Driving for Universal Services, the aim is to realize a society in which all people can lead a high quality of life by contributing to solving social issues such as reducing traffic accidents, reducing traffic congestion, ensuring the mobility of people with limited mobility, improving the shortage of drivers in logistics and transportation services, and reducing costs.

In the case of automatic driving on expressways, the system may not be able to smoothly change lanes from the traveling lane to the deceleration lane if the information obtained in advance is insufficient, inaccurate, or inaccruate, such as when there is a stopped vehicle or falling objects ahead or when there is a traffic jam. One of the ways to solve these possible cases is for the automatic driving vehicle to obtain traffic information for each lane of the road, so that it can change lanes in advance to enable safe and smooth automatic driving.

In this study and evaluation work, in order to put these measures into practical use, we will study technologies to collect and provide information on traffic congestion by lane, information on parked vehicles, information on falling objects, and information on event regulations (hereinafter referred to as "lane-specific information") to automated vehicles. Specifically, a demonstration experiment will be conducted on the Metropolitan Expressway Route No.1 Haneda Line and Bayshore Route. These measures will be considered not only for automated driving systems, but also for Level 1 and Level 2 driving support systems.

1. 調査研究の概要

1.1. 事業目的

高速道路での自動運転時に、前方に停止車両や落下物等がある場合や流出路渋滞が存在する場合など、事前に得られる情報が不足している場合や不精緻、不正確である場合に、走行車線から減速車線への車線変更がスムーズに行えない等のケースが想定される。これら想定されるケースを解決するための一つの方策として、車線別の道路交通情報を自動運転車両が入手することで、あらかじめ早い段階で車線変更をする等により安全かつ円滑な自動走行が可能となる。

1.2. 事業概要

本検討・評価業務は、上記方策を実用化するために、車線別の渋滞情報、駐車車両情報、落下物等情報及び事象規制情報（以下「車線別情報」という）を収集し、自動運転車両に提供するための技術検討を行う。具体的には、東京湾岸 2020 実証実験の首都高速道路羽田線並びに湾岸線において実証実験（以下「実証実験」という）を行う。この方策については、自動運転システムへの活用のみならず、レベル1やレベル2の運転支援システムとしての活用についても検討するものとする。

上記の研究開発目的を達成するため、下記研究開発項目を実施する。

- a. 各要素の技術検討
 - 1) 車線別情報の生成技術の検討
 - 2) 車線別情報の生成に必要な車線別プローブの処理技術の検討と評価
 - 3) 車線別情報生成のためのデータ統合技術の検討と評価
 - 4) 車線別情報の配信技術の検討と評価
- b. 実証実験
- c. 準動的レベルの先読み情報を活用した要素技術の検討及び検証

なお、2019年度は、研究開発項目のうち「a. 各要素の技術検討」、「b. 実証実験」の一部について研究開発を行った。

以下に、本研究開発の検討の流れと研究開発スケジュールを示す。

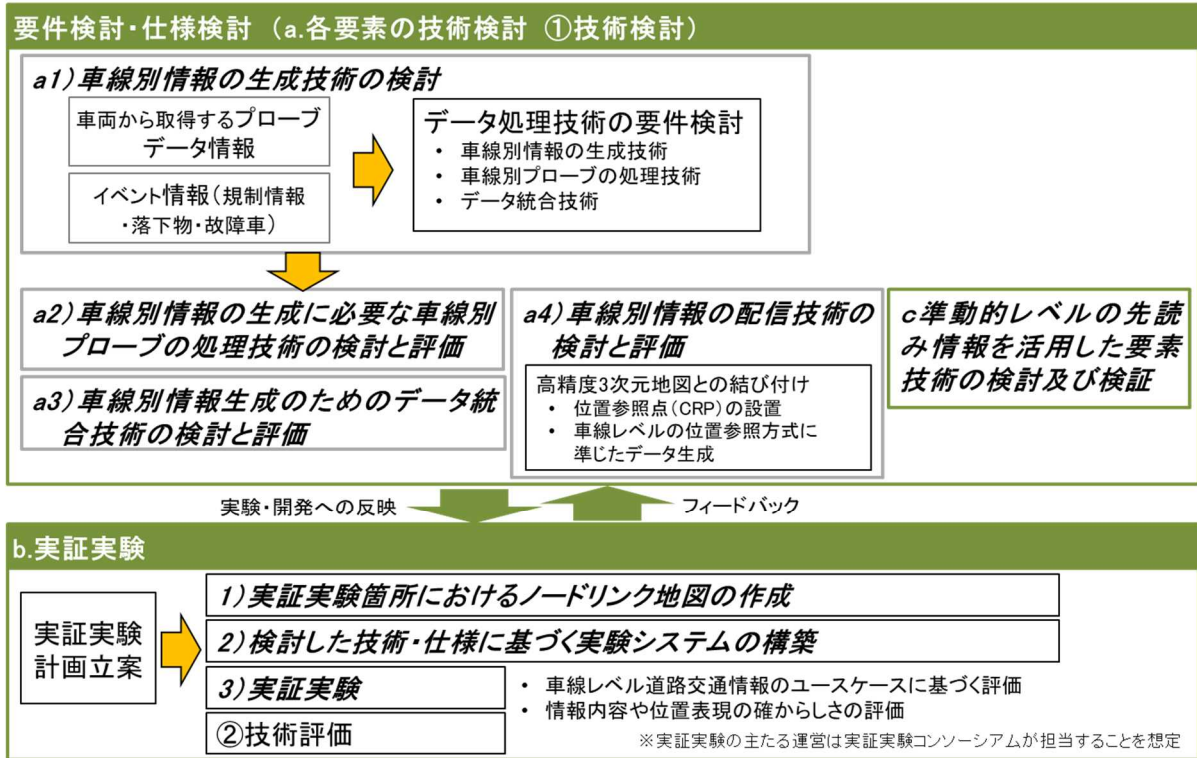


図 1 本研究開発の検討の流れ

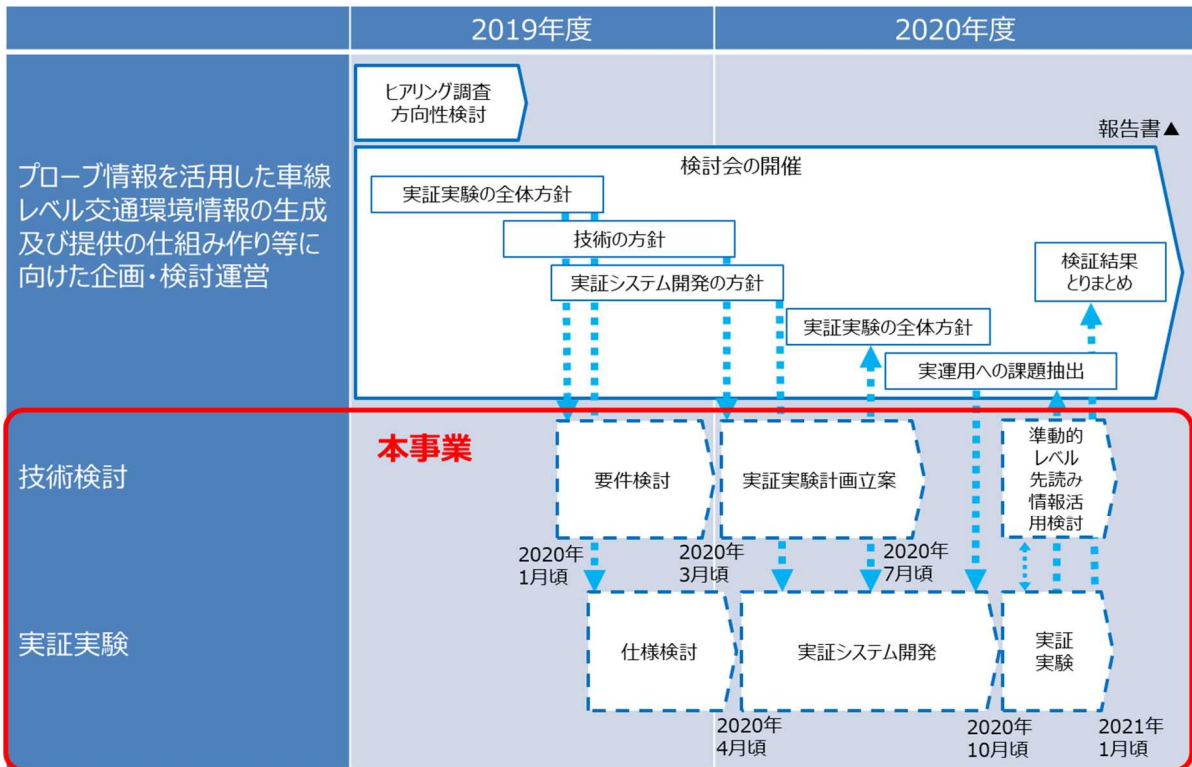


図 2 本研究開発の実施スケジュール

2. 各要素の技術検討

2.1. 車線別情報の生成技術の検討

高速道路及び自動車専用道路を対象に、①各社の車両から収集するプローブ（リンク別旅行速度等）の統計データと②落下物情報・事象規制情報等を車線別に分類したデータの各々のデータより、車線別情報を生成する方法について検討する。

なお、本業務においては早期実用化を目指すために、入手可能な（自動運転車両ではない既販車両から得られるデータの意）データを活用するものである。

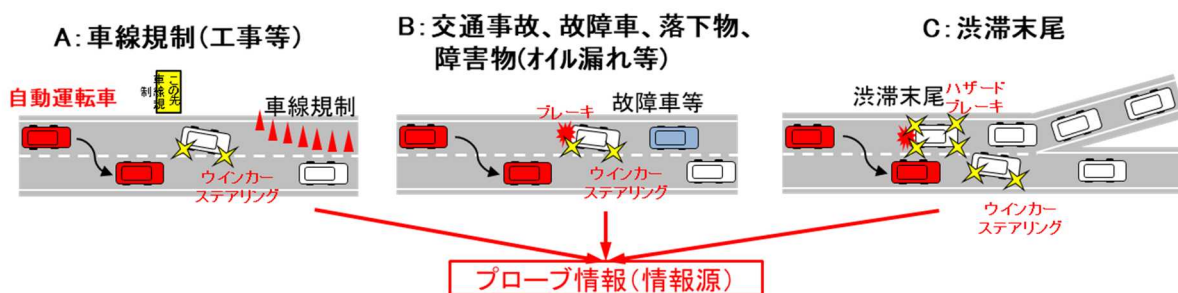
なお、2019年度においては、車線別情報を生成する方法について基礎的検討を行った。また、入手可能なデータについて、プローブ提供事業者にヒアリング調査を実施した。

2.1.1 車線別情報を生成する方法に関する基礎的検討

(1) 対象とするユースケース事象とプローブ情報による検知概念

対象とするユースケースとプローブ情報による当該事象の検知方法等を整理した結果を図 3 に示す。

自動運転車が車線レベルの道路交通情報を活用するユースケースは、A～C の 3 ケースを想定する。これらのユースケースに応じ、利用可能なプローブ情報を使い分けて、事象検知することを検討する。



対象とするユースケースとプローブ情報による当該事象の検知方法等

ユースケース	A：車線規制 (工事等)	B：突発事象 (交通事故、故障車、落下物、 障害物(オイル漏れ等))	C：渋滞末尾 (方向別渋滞等)
自動運転車が入手する 情報	車線別道路交通情報 ※準動的情報 (1分レベル)		
車線レベルの事象発生地 点の検知方法 (情報源)	<ul style="list-style-type: none"> ●ウインカーの多発 ●ステアリングの多発 	<ul style="list-style-type: none"> ●ウインカーの多発 ●ステアリングの多発 ●ブレーキの多発 	<ul style="list-style-type: none"> ●車道別プローブ (分岐部での方向別) での速度低下位置 (注1) ●ハザード、ブレーキの多発 ●ウインカー、ステアリングの多発
自動運転車の振舞い	早めの回避 (車線変更等)		早めの回避 (車線変更等) または渋滞末尾への追従

注1：詳細は P16 図 6 (※2) を参照

図 3 対象とするユースケースとプローブ情報による当該事象の検知方法等

(2) 自動運転に必要な車線別道路交通情報の生成概念

自動運転車へ提供する車線別道路交通情報の生成イメージと検討課題を図 4 に示す。

ユースケースに応じ、利用可能なプローブ情報を使い分けて事象発生位置（車線変更を完了すべき地点）を特定し、自動運転車に提供する。

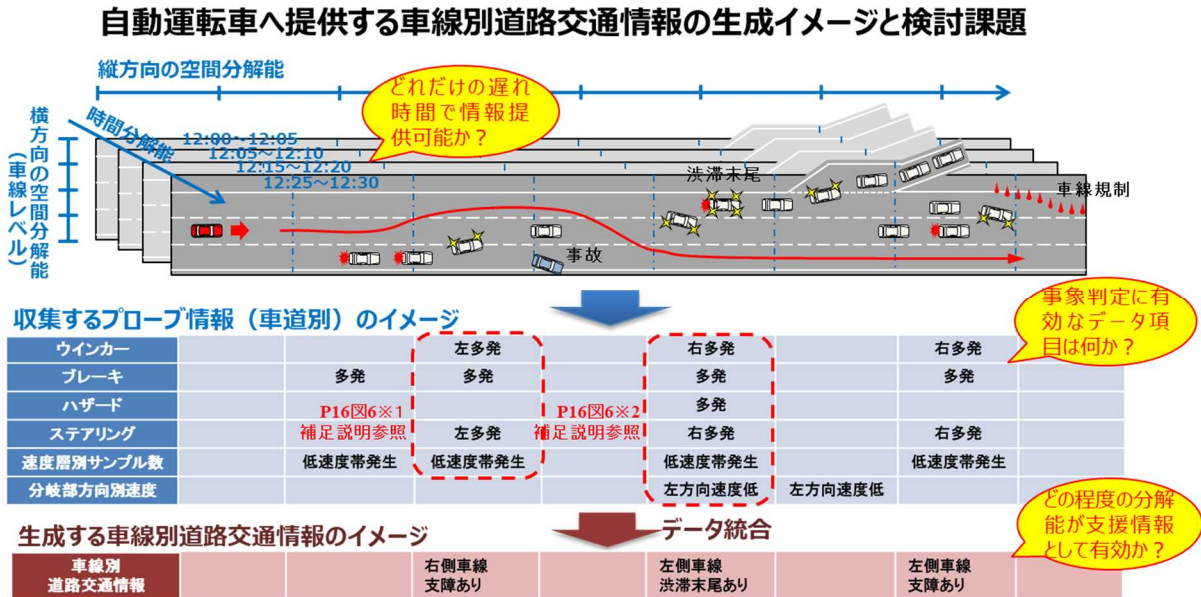


図 4 自動運転車へ提供する車線別道路交通情報の生成イメージと検討課題

(3) 情報生成方法の事前検証方法

1) 実データによる検証

対象ユースケースのうち、予め実施が把握できる車線規制（工事等）と、恒常的に車線別渋滞が発生する1号羽田線上り浜崎橋 JCT を先頭とする渋滞を対象に、実際のプローブ情報を入手し、情報生成方法の確からしさの検証を行う。

対象事象や車両挙動の発生状況は CCTV 録画映像により確認する。

2) ダミーデータによる検証

生成する情報の確からしさは、実際に取得されるプローブ情報に基づき検証することが望ましいが、早期に 100m 単位の車道別プローブやウインカー情報等を入手することが困難であることと、検証に用いる映像録画が限定的となるため、交通シミュレーションによりユースケース事象を再現し、プローブ情報の取得量を仮定することでダミーデータを作成し、検証することを併用することも検討する。

検証では、車線支障発生箇所に対するウインカー等発生個所の空間的バラつき、100m 間隔等での取得量や、速度層別サンプル数との関係性等を明確化する。

なお、ダミーデータ作成のための交通シミュレーションの実施ケース（案）を整理した結果を表 1 に示す。

表 1 ダミーデータ作成のための交通シミュレーションの実施ケース（案）

番号	道路部位	ユースケース事象	本線交通量	プローブ情報取得量		
				ウインカー等発生数	速度層別サンプル数	分岐部方向別速度
1	単路2車線	車線規制左	閑散→飽和	小、多	多 (一定)	—
2		車線規制右				—
3	単路3車線	車線規制左				—
4		車線規制左中				—
5		車線規制右				—
6		車線規制右中				—
7	分流部4車線	左分流車線渋滞				多(一定)

注1) 単路部は標準的な都市高速を想定して実施。分流部は方向別プローブ活用の検討ケースとして実施（首都高速1号羽田線上下り浜崎橋JCT部を想定）

注2) 各ケースのシミュレーションは複数回実施するとともにプローブのサンプリングもランダムに行う。

2.1.2 プローブ提供事業者へのヒアリング調査

車線別情報生成に必要な、利用可能な車両からの情報についてデータ形式及び情報項目を整理するにあたり、複数のプローブ提供事業者に対してヒアリング調査を実施した。

<ヒアリング調査実施期間>

- ・2020年2月下旬～3月上旬

<調査方法>

- ・事前にヒアリングシートを送付し、調査当日にヒアリングを実施

<プローブ提供事業者に対するヒアリング項目>

- ・本事業において希望するデータ形式によるプローブ情報提供のご協力について
- ・実証実験時におけるオンライン接続による提供のご協力について
- ・本取組みにご協力いただける場合の費用、契約方法、調整事項について 等

2.2. 車線別情報の生成に必要な車線別プローブの処理技術の検討と評価

2.2.1 技術検討

2.1で検討した方法のうち、実証実験の実施が可能なものを対象として、プローブの処理技術について検討する。

なお、2019年度においては、車線別情報生成に必要な、利用可能な車両からの情報についてデータ形式及び情報項目の整理を行った。

(1) 利用可能なプローブ情報

車線別情報を生成するにあたり、利用可能なプローブ情報を整理した結果を図5に示す。

プローブ情報の空間的な集計単位は、DRM等のリンク集計されたものが一般的である。なお、自動運転に必要となる車線別道路交通情報を生成するには車線別のプローブ情報（パターン3）が必要だが、現時点において、2020年度の実証実験における利用可能性は低いため、車線別のプローブ情報（パターン3）を利用することは想定しないものとする。

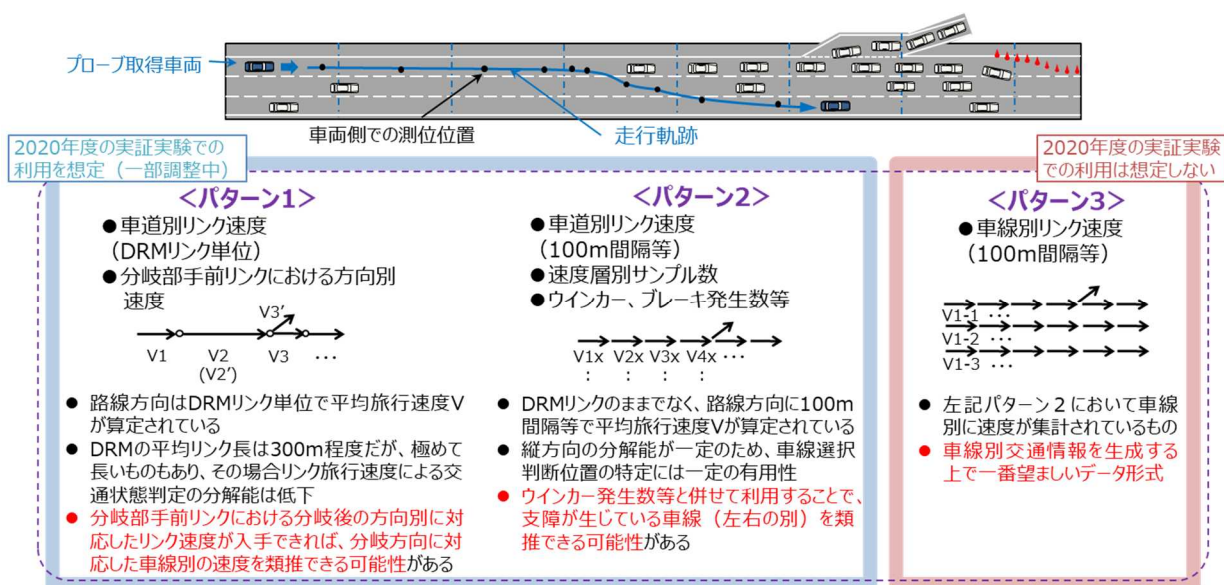


図5 車線別道路交通情報の生成に向け利用を想定するプローブ情報のデータ形式

一方で、プローブ提供事業者におけるデータ形式/情報項目の提供可能性に関する調査結果を表 2 に示す。

これによると、プローブ提供事業者は、DRM リンク単位で速度集計されたプローブ情報（パターン 1）について提供可能と見込まれている。

次に、進行方向の分解能を高めるために車道リンクを 100m 単位等で細分化し、リンク平均旅行速度に加え速度層別サンプル数を合わせて提供する形式（パターン 2）についても、提供可能と見込まれている。

更に車線レベルの事象発生位置をより詳細に特定する上で有用となるウインカー発生数等の提供可能性については、事業者と調整中の状況である。

表 2 プローブ提供事業者のデータ形式/項目別提供可能性の調査状況（一部調整中）

形式区分	データ項目		2020年度実証実験時の オンライン提供の可能性
パターン 1 (車道別 DRM リンク単位)	リンク速度 (5分値等)	平均速度	● 提供可能性あり
	付加情報 (5分値等)	分岐部手前リンクにおける 方向別平均速度	● 調整中
パターン 2 (車道別 100m 間隔等)	リンク速度 (5分値等)	平均速度	● 提供可能性あり
		速度層別サンプル数 ^{注1)}	● 提供可能性あり
	付加情報 (5分値等)	ウインカー発生数	● 調整中
		ブレーキ発生数	● 調整中
		ハザード発生数	● 調整中
	ステアリング発生数	● 調整中	

速度階級区分	サンプル数
V=0km/h(停止状態)	
0<V≤10km/h	
10<V≤20km/h	
⋮	
110<V≤120km/h	
120<V	

2.3. 車線別情報生成のためのデータ統合技術の検討と評価

2.3.1 技術検討

各社の車線別プローブの統計データについて、プローブデータ数や精度等の違いを踏まえ車線別情報として統合する統計処理方法について以下を想定し、検討する。

また、上記統合処理により車線別情報を生成するに当たり、落下物等情報や事象規制情報等を車線別に分類したデータを参照し、活用する方法について検討する。

2019年度においては、プローブの統計データについて、車線別情報として統合する統計処理方法の基礎的検討を行った。

(1) 車線別道路交通情報として統合する統計処理方法の基礎的検討

車線別道路交通情報の生成方法（案）を検討した結果を図6に示す。

今後、この生成方法（案）を基に、速度層別サンプル数や分岐部での方向別速度情報で補足することで車線レベルでの支障発生位置の類推精度を向上させることができるか検討する。

【※1：ウインカー発生数等による支障車線の類推と速度層別サンプル数による補足】



【※2：分岐部で分岐先の進行方向情報に紐づけた方向別プローブによる渋滞末尾位置特定の補足】

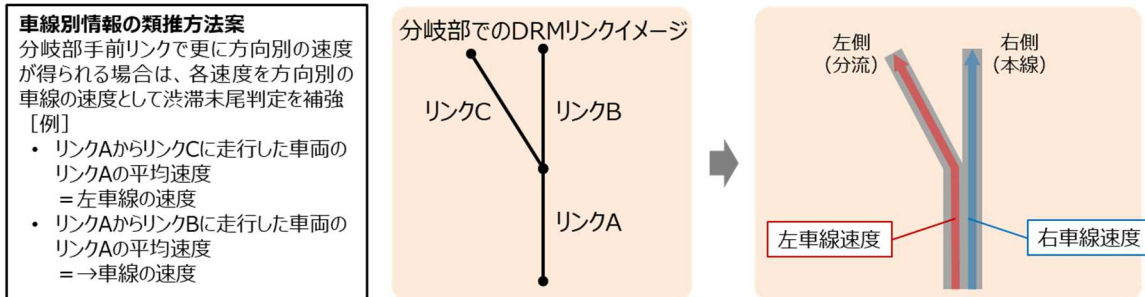


図6 車線別道路交通情報の生成方法（案）

2.4. 車線別情報の配信技術の検討と評価

2.4.1 技術検討

2.3において統合した車線別情報を、実験参加車両もしくはそれを中継するサーバ(将来的に社会実装される段階では、各自動車メーカーのテレマティクスセンター等がこの中継サーバに該当するようになると想定)へ提供する技術を検討する。

具体的には、高精度3次元地図に車線別情報を重畳するための位置参照方法、位置にあわせ提供する車線別情報の情報項目などを検討したうえで、メッセージフォーマットを検討する。検討に際しては、他のSIP施策、他の主体で実施されている検討を踏まえることとする。

そのうえで、位置参照方法、提供する車線別情報の情報項目の記述内容、符号化形式などを検討し、符号化方法を具体化する。

なお、2019年度においては、高精度3次元地図に車線別情報を重畳するための位置参照方法に基づいたノードリンク地図の作成方法に関する検討を行った。

(1) CRP 設定仕様に基づくノードリンク地図の作成方法に関する検討

SIP第2期「高精度3次元地図における位置参照点(CRP)のあり方に関する調査検討」で検討されているCRP設定仕様に基づいた位置参照方式の定義を踏まえた符号化仕様を検討するとともに、符号化仕様を踏まえたXMLスキーマを検討した。また、高精度地図を用いた、仕様に基づくノードリンク地図の作成方法を検討した。

(2) 一般財団法人日本デジタル道路地図協会及び一般財団法人道路交通情報通信システムセンターのリンク地図を車線別に表現した位置参照方式に基づくノードリンク地図の作成方法に関する検討

一般財団法人日本デジタル道路地図協会及び一般財団法人道路交通情報通信システムセンターのリンク地図を車線別に表現した位置参照方式の定義を踏まえた符号化仕様を検討するとともに、符号化仕様を踏まえたXMLスキーマを作成した。また、高精度地図を用いた、仕様に基づくノードリンク地図の作成方法を検討した。

3. 実証実験

2の各要素の技術検討並びに評価を実証するために実証実験を行う。

実証実験に当たっては、一般財団法人日本デジタル道路地図協会（以下「DRM協会」という）及び一般財団法人道路交通情報通信システムセンター（以下「VICSセンター」という）のリンク地図を車線別に表現した位置参照方式の定義並びにSIP第2期「高精度3次元地図における位置参照点（CRP）のあり方に関する調査検討」で検討されているCRP設定仕様に基づいた位置参照方式の定義を踏まえた2種類のノードリンク地図を実証実験箇所（首都高速道路湾岸線（台場～羽田中央）並びに首都高速道路羽田線（汐留～羽田西））について作成し、実証実験に用いる。

また、当該区間における落下物等の収集については、既設のシステムが稼働していることから、既存システムに影響を与えないように、実験のために別のシステムを別途開発し、必要な人員を配置する。

なお、2019年度においては、実証実験の概略実施方針を検討した。

3.1 実証実験実施方針（案）の検討

2020年10月～12月の間に実施する予定の実証実験に関する実施方針案について、検討した結果を以下に示す。

<実施内容>

- 実証実験ではプローブ提供事業者からデータを収集し、車線レベルの道路交通情報を実験参加車両に実際に配信を行う。

<前提条件>

- 期間：10月～12月25日（金）の間（11月にSIPワークショップ開催）
- 実験参加者：15社（高速道路実験参加者）

<今後詳細検討を必要とする事項>

- 実施内容
 - 情報の信頼性/有効性を検証
 - 受託者側で実施するもの（情報の信頼性評価）、実験参加者の走行によるもの（情報の有効性評価）に分けて実施
 - 11月ワークショップでは対象ユースケースにおける生成情報とCCTV映像等との対比による情報信頼性や、実証実験の実施状況等の紹介を想定

<実証実験での技術評価イメージ>

- 実証実験での評価は、生成情報の信頼性、情報の有効性の2つの観点から行う。
- 突発事象の発生は事前に予見できないため、実験参加車両の走行を伴う評価は予め車線別渋滞発生が予見できる1号羽田線上り浜崎橋JCT部等で実施することを想定する。

表 3 実証実験の評価フレーム (案)

区分	評価指標	評価方法 / 使用データ等	対象ユースケース事象 (実施箇所)	実施時期
情報の信頼性 →受託者側で実施	●支障車線判定の信頼度 ●情報再現遅れ時間	●CCTV映像、車載カメラ映像 ●事象発生記録との照合	車線規制 (規制実施箇所)	10月上旬 3日程度 ※都度システム調整を見込むため不連続の3日間を想定
			突発事象 (発生箇所) 渋滞末尾 (浜崎橋JCTの車線別渋滞)	
情報の有効性 (自動運転の安全性) →実験参加者の走行による	●情報の粒度の妥当性 ●支障車線回避 (車線変更) への有効性	●実験参加者意見 (アンケート)	渋滞末尾 (浜崎橋JCTの車線別渋滞)	1回目: 10月下旬 3日程度 ↓ ^{注2)} 2回目: 11月下旬 3日程度
			車線規制、突発事象については浜崎橋JCTでの走行を踏まえて想定で評価 ^{注1)}	

注1) 実験参加者が車線規制実施時間帯 (主に夜間) も走行可能な場合は車線規制での走行評価も想定

注2) 実験参加者の走行による評価は、アンケート意見等を踏まえ実験方法の修正、システム調整等を行った上で再度実施できるよう、2回に分けて行うことを想定する。実施日数はプローブ提供事業等との今後の調整を踏まえ、確定する。

<実証実験対象区間>

- 実証実験対象区間は首都高速の①1号羽田線 (空港西IC~汐留IC) と②高速湾岸線 (空港中央IC~臨海副都心IC) の2区間
- 実証実験はこの区間内において実施



図 7 実証実験対象区間等位置図

<実証実験システムの構成イメージ>

- 実証実験では実験システムを構築し、プローブ提供事業者や東京臨海部実証実験コンソーシアムのシステムと接続することで実験参加車両に情報配信を行う。

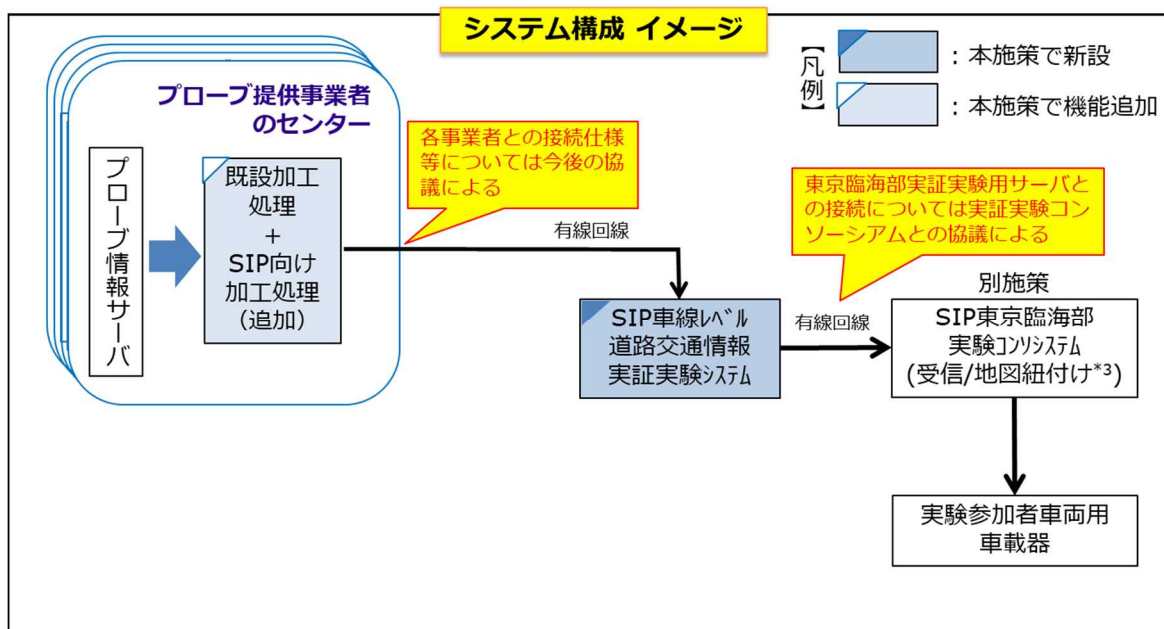


図 8 実証実験のシステム構成イメージ