

③ 車両プローブによる車線別道路交通情報に係る技術開発

Technological Development for Lane-level Road Traffic Information Using Probe Vehicle Data

市川博一，竹之内篤，船岡直樹，内山直浩，森暁雄（パシフィックコンサルタンツ株式会社），森崎千雅，大島竜輝（株式会社三菱総合研究所）

Hirokazu Ichikawa, Atsushi Takenouchi, Naoki Funaoka, Naohiro Uchiyama, Akio Mori (PACIFIC CONSULTANTS CO., LTD.), Yukimasa Morisaki, Ryuki Oshima (Mitsubishi Research Institute, Inc.)

(概要) 自律走行の自動運転車は限られた範囲の情報に基づき走行しており、前方で事故等があり渋滞が生じている場合、急減速が必要となったり、交通量が多い場合には円滑に車線変更できない可能性もある。この時、前方の交通状況（先読み情報）をあらかじめ車線別に把握することができれば、事前に予備減速し余裕を持って車線変更するなど、より安全・円滑な走行が可能となる。現在、コネクテッドカーの普及に伴い、このような先読み情報を生成するためのデータ取得環境が整いつつあるが、交通状態を車線別に直接把握できるようなデータ形式とはなっていない。本取組は、自動運転車の安全・円滑な走行に有用と考えられる車線別の道路交通情報に係る技術開発を行うものであり、現状、市販車両から得られるプローブ情報でどの程度の車線レベルの情報生成ができるかを検証し、今後の可能性を明らかにするとともに、生成した情報をその他の交通環境情報と合わせて一元的に集約・配信する実証実験環境の構築を行ったものである。

キーワード：車両プローブ情報，車線別道路交通情報，渋滞末尾，渋滞車線，ウインカー情報，実証実験

1 実施目的と本施策の概要

自動運転及び高度な安全運転支援の実現に向け、車載センサでは検知できない遠方等の状況を先読みするため、車線レベルの道路交通情報をはじめとする各種交通環境情報の活用が期待される。しかし、路側センサでは定点観測しかできないことから、面的に道路交通状況の把握が可能な車両プローブ情報を活用した道路交通情報を生成・提供する仕組みの検討が課題となっている。

本取組ではこれらの課題解決を目的に、車両プローブ情報を活用した道路交通情報提供の仕組み作りに向け、官民ステークホルダーによる検討会を実施した。また、東京臨海部実証実験において市販車両から得られるプローブ情報をプローブ事業者から実際に収集し、首都高速における車線別の渋滞末尾等を対象に車線レベル道路交通情報を生成・配信する実証実験を実施し、情報の有用性や課題の抽出等を行った。

2 目指すべき姿

2.1. 車線レベル道路交通情報の必要性

自動運転車の車載センサでは、図1に示すように前方の限られた範囲しか情報収集できない。しかし、車線レベルの渋滞をはじめとした支障をあらかじめ先読みできれば、より安全で円滑な走行が可能となり、この情報はドライバーにとっても有効と考えられる。

その情報源としては、近年普及が進んでいるコネクテッドカーから得られる車両プローブ情報などが考えられる。また、最近では事故等が発生した際の車両か

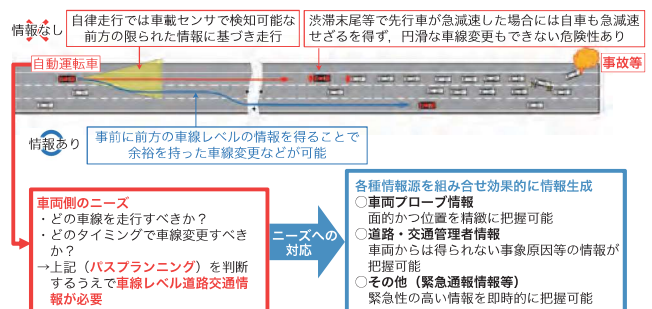


図1 車線別道路交通情報の必要性とその情報源

らの緊急通報サービスが広がりを見せるが、この情報も事故による支障位置を即時に把握する情報源として有効性が期待できる。

2.2. 施策のスコープ

前方の道路交通事象に対して自動運転車両が行う判断や制御は、図2に示すとおり事象からの距離に応じて段階がある。本取組では車線変更を中心としたパスプランニングでの活用を対象としており、求められる情報の即時性は数分程度でも良いと考えられるため、現状入手し得るプローブ情報からでも情報生成の可能性があると見える。



図2 本施策のスコープ

3 各要素技術の検討

車線レベル道路交通情報の配信に関する流れの全体像として、プローブ事業者から情報を収集し、実用段階では生成した情報をプローブ事業者を通して個車に提供することを想定している。(図3)

このため、車線レベル道路交通情報生成の協調領域として検討が必要となる要素技術は、プローブ事業者からの①データ集約、②複数の情報源のデータの統合、③車線レベル道路交通情報の生成、④位置表現可能なデータへの変換、⑤データ配信の5つに大別できる。

目標の全体像と本研究の取組範囲

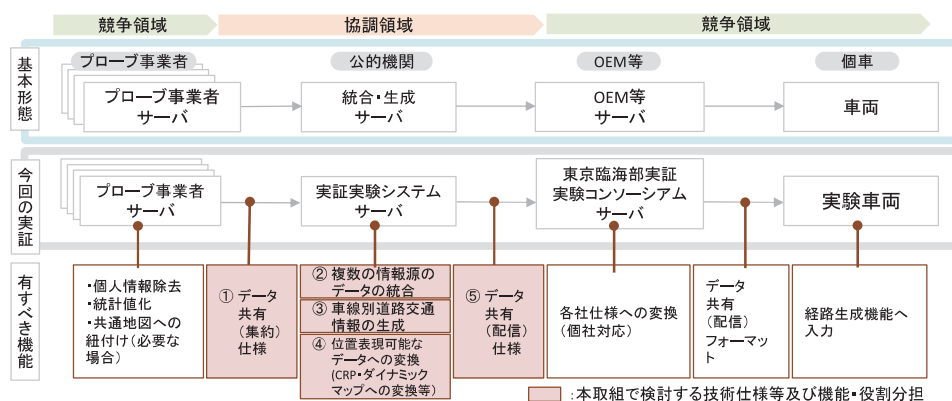


図3 本研究の取組範囲

3.1. データ共有(集約)機能の検討

ここでは、プローブ情報をプローブ事業者サーバから集約する際のセンター間のデータ共有仕様について検討した。プローブ事業者から入手するプローブ情報は表1に示すとおりである。なお、プローブ情報の集計時間単位は、現状のデータ収集状況等を踏まえて5分値で収集することとした。

表1 使用するプローブ情報

集計リンク単位	データ項目		注1)速度層別台数のデータ形式イメージ		
	DRMリンク単位	分岐部方向別速度(5分値)	分岐部手前リンクにおける方向別速度	速度階級区分	台数
DRMリンク100m分割単位	リンク速度(5分値)	平均速度		0<V≤10km/h	
		速度層別台数 ^(注1)		10<V≤20km/h	
DRMリンク100m分割単位	車両イベント発生数(5分値)	ブレーキ発生数		:	
		ウイinker発生数		110<V≤120km/h	
		ステアリング発生数		120<V	

また、プローブ情報には、車両からプローブ情報提供事業者側のセンターサーバに遅れてアップリンクされるデータも一定割合存在すると想定され、直近の5分データだけでは必要なサンプル数を得られない可能性がある。よって、データ共有(集約)段階においては次の①~②を考慮し、30分前のデータまでを遡って使用できるようにした。(図4)

図4 アップリンク遅れを考慮したデータ収集方法

図4 アップリンク遅れを考慮したデータ収集方法

①プローブ車両の走行時刻に基づき5分単位(これを「階層」という)で集計し、遅れてアップリンクされ

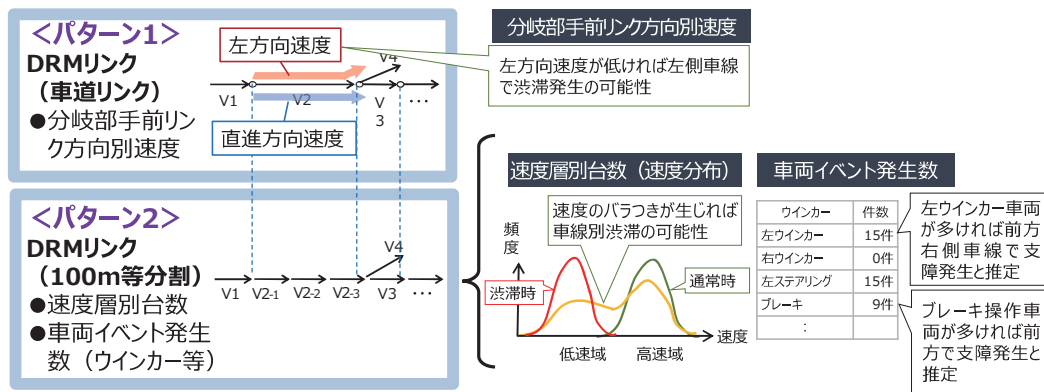


図5 車道リンクに紐付けられたプローブ情報から車線レベル情報を生成する基本的考え方

てくる分を含め、過去30分まで遡ってデータ収集する。

- ② 階層ごとにそれまで収集された前の情報生成時刻のデータも集約する。階層1は直近の5分間データ、階層6は30分前からの5分間データを集約することとなる。

なお、サンプルデータから一定精度で平均速度を推定する場合、5台以上の取得で $\pm 10\text{km/h}$ (信頼度95%) 程度の誤差に収まるとされ、システム上は最小必要サンプル数として、6台を基本値に設定している。

さらに、プローブ事業者から収集する情報項目及びデータ定義を検討するとともに、統一したデータフォーマット (JSON形式) を規定した。そして規定したフォーマットに基づき、実際にプローブ事業者からプローブ情報を収集し、4章で報告する実証実験を実施した。

3.2. 複数情報源のデータの統合機能の検討

ここでは、複数の情報提供事業者から収集するプローブ情報の統合処理仕様を検討した。複数のプローブ事業者のプローブ統計情報を1つのリンク単位情報に統合する際、平均値データである「平均旅行速度」「方向別旅行速度」は各プローブ事業者のサンプル数で重み付けした加重平均とした。また、数量データである「速度層別情報」「その他車両情報 (ウインカー等発生回数)」は各プローブ事業者がカウントした数値の総和とした。

3.3. 車線別道路交通情報の生成機能の検討

ここでは、前項で統合した車道別プローブ情報から車線レベル道路交通情報を生成する技術仕様を検討した。はじめに、100mリンク単位の速度層別台数情報 (速度分布) から進行方向の速度低下箇所を特定する。その際、速度層別台数の分布が低速から高速に跨る場

合は、一部の車線が渋滞していることが推定される。その場合、分岐部では方向別速度 (DRMリンク単位) から分岐方向に対応した車線の渋滞を判定し、それ以外の箇所ではウインカー情報 (100mリンク単位) から支障車線の方向 (左右の別) を判定する。(図5)

3.4. 表現可能なデータへの変換機能の検討

ここでは、首都高速上で生成した車線レベル道路交通情報を高精度3次元地図へ重畳するため位置表現可能なデータ形式への変換仕様を検討した。本取組では、プローブ事業者からは、進行方向の情報分解能向上をねらい、DRMリンクを100m分割したリンク形式にてプローブ情報を収集する仕様とし、車線レベル情報の生成においては、リンク上流端に注意喚起情報を表示する車線番号を生成することとした。そこで、車線表現可能なデータ形式としては、OEM等から収集するデータ形式に親和性があり、車線情報を表現できる拡張DRM-DB仕様⁽¹⁾を採用することとした。そして、高精度3次元地図を参照することで、100m毎区間の車線数を付与したノードリンク地図を作成し、注意喚起情報を車線別に表現できるようにした。

3.5. データ共有 (配信) 機能の検討

ここでは、生成した情報を実験参加者に中継するサーバに配信する際のセンター間のデータ共有仕様を検討した。具体的には、100mリンク区間単位の車線別情報の表現には、当該地点ノードの緯度経度情報と注意喚起情報を表示する車線番号を送ることとした。また、配信仕様については一般社団法人 JASPARの車両情報共用API仕様書他⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾に従い、注意喚起情報コンテンツを用いて配信することとした。

4 車線レベル道路交通情報配信実証実験の概要

各要素技術の技術評価を行うために、プローブ情報提供事業者とオンライン接続し、リアルタイム処理される情報を配信する実証実験システムを構築し、首都高速2路線を対象に情報配信実験を行った。

4.1. 全体のスケジュール

2020年度の冬に第1回の実証実験を行い、PDCAにより様々な改良を実施しながら情報精度向上を目指して、計4回の実証実験を行った。(図6)

4.2. 実証実験環境の全体構成

実証実験で構築した実験システムは図7のとおりである。プローブ提供事業者とオンライン接続するとともに、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える

ようにした。また、2021年度の実証実験からは、自動運転車両の適切な判断や制御に活用しうる各種交通環境情報(降雨情報、V2N信号情報等)を、車線レベル道路交通情報と合わせて一元的に集約し、同じく実験参加車両に情報配信を行う仕組みとしている。

ここで、各交通環境情報の収集は、情報源の配信仕様に依拠して行った。一方で、OEMデータセンター相当側への配信は、情報の特性を踏まえた仕様により配信した。なお、配信時のデータ形式はJASPAR(車両情報共用仕様)の採用を基本としたが、高いリアルタイム性が求められる場合はJASPAR変換後のデータ量等を考慮し、情報源のデータ形式をそのまま用いた。(表2)

4.3. 情報生成対象区間と主要検証箇所

実証実験では、首都高速2路線(図8)を対象に情報配信を行った。羽田線入りでは平日朝夕、浜崎橋JCTを先頭とする渋滞が恒常的に生じる。新宿方面が

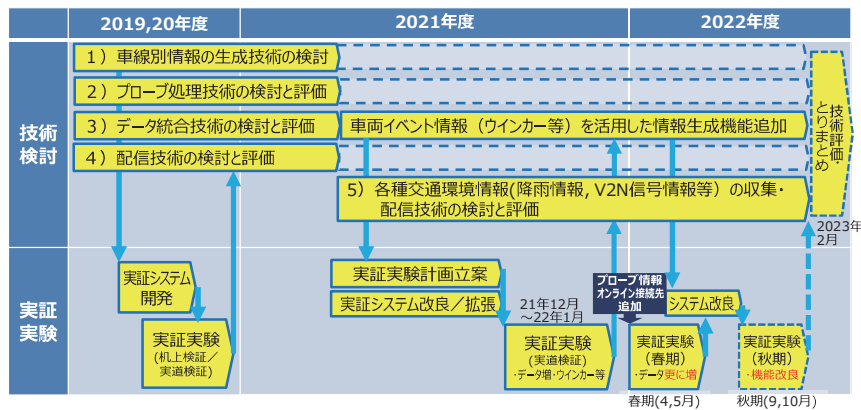


図6 実証実験の全体スケジュール

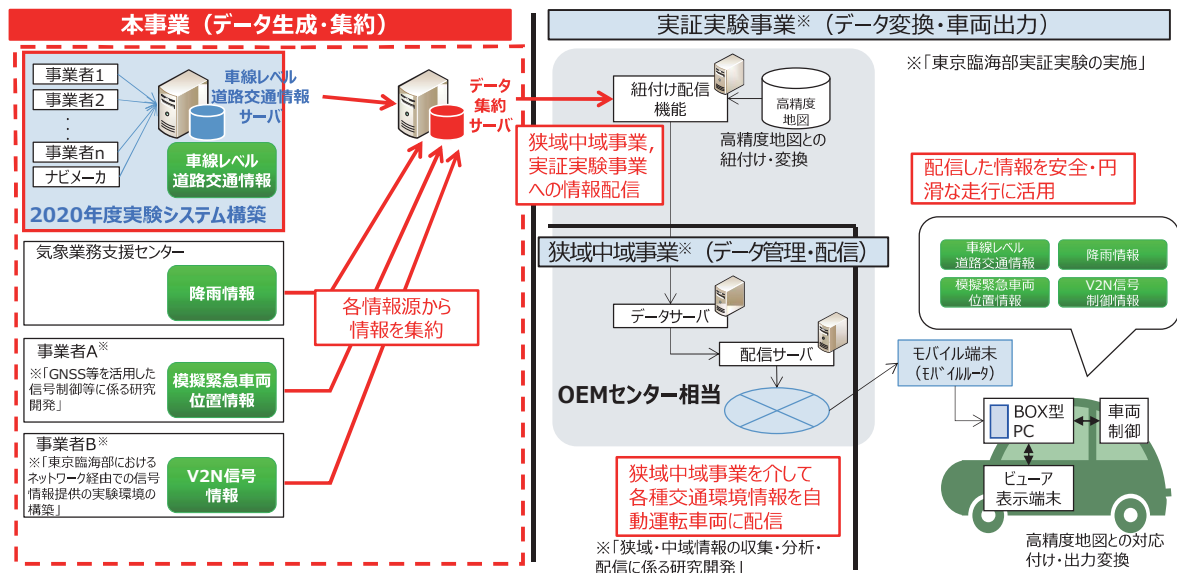


図7 実証実験環境の全体構成

表2 各種交通環境情報の収集・配信方式

情報種別	情報源からの情報収集				OEMセンター側への情報配信		
	情報源	情報表現形式	通信方式	収集周期	情報表現形式	通信方式	配信周期
①車線レベル 道路交通情報	車線レベル道路 交通情報サーバ	JASPAR:JSON形式 コンテンツ:attention	HTTP	1分周期	JASPAR:JSON形式 コンテンツ:attention	HTTP	1分周期
②降雨情報	気象業務支援センター	GRIB2※1	SFTP	5分周期	JASPAR:JSON形式 コンテンツ:environment	HTTP	1分周期
③模擬緊急車両 位置情報	事業者A	独自のバイナリ形式	UDP	随時	独自のバイナリ形式	Web Socket	随時
④信号予定情報	事業者B	独自のバイナリ形式	UDP	随時	独自のバイナリ形式	Web Socket	随時

※1 GRIB2形式:国際気象通報式FM92 GRIB二進形式格子点資料気象通報式(第2版)

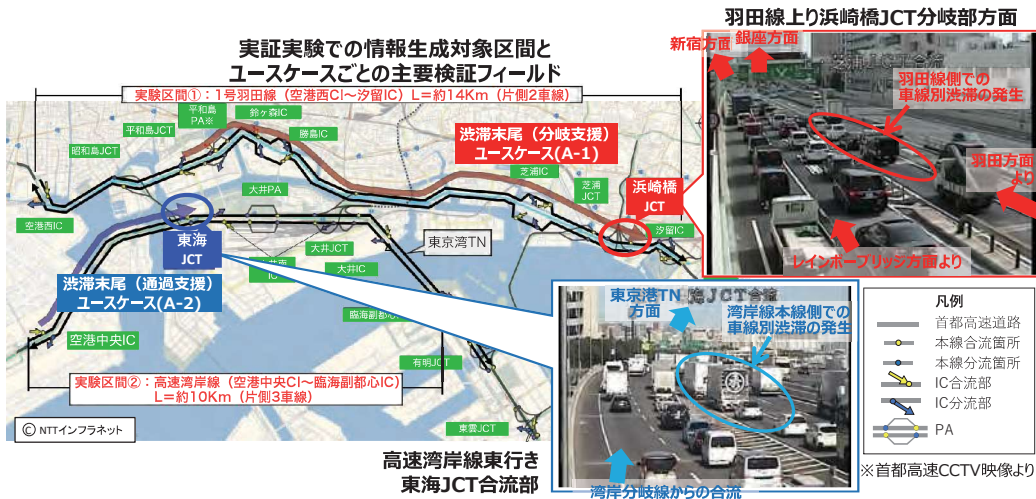
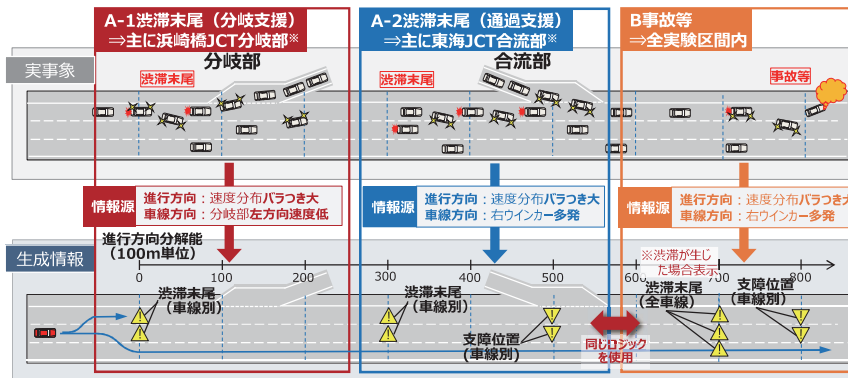


図8 実証実験での情報生成対象区間



※図の道路構造は実際の浜崎橋JCT分岐部や東海JCT合流部とは異なる

図9 対象ユースケースにおける情報生成の概要

渋滞するため、渋滞列が羽田線左車線にあふれ、時間帯により車線別渋滞が発生することから、車線レベル情報評価の主要検証箇所として位置づけた。また、湾岸線東行きでも、平日朝夕時に、湾岸分岐線から合流する車両を原因とした、東海JCTを先頭とする渋滞に遭遇する確率が高く、こちらも主要検証箇所として位置づけた。

4.4. 対象ユースケースにおける情報生成の概要

「A-1: 渋滞末尾 (分岐支援)」は分岐部での提供を想定しており、車線別渋滞の場合、分岐部の方向別速度情報により渋滞車線を推定し、渋滞末尾情報を提供

する。また、「A-2: 渋滞末尾 (通過支援)」は合流部での提供を想定しており、車線別渋滞の場合、ウインカー情報により渋滞車線を推定し、渋滞末尾情報を提供する。なお、渋滞先頭部では、ウインカー情報により支障車線を推定し、支障位置情報を提供する。「B: 事故・落下物等」は全ての区間での提供を想定しており、情報生成・提供ロジックは「A-1: 渋滞末尾 (通過支援)」と同じであるが、交通量が少なく渋滞が発生しない場合は、ウインカー情報により支障車線を推定し、支障位置情報を提供する。なお、注意喚起情報として、渋滞末尾 (支障) 位置を100m単位、5分間周期で配信した。ここで、渋滞等が左側車線のみと推

定される場合は、最右車線以外の全ての車線に注意喚起情報を表示し、全車線（断面渋滞）の場合は全ての車線に表示することとした。（図9）

4.5. プローブ情報の取得状況

プローブ事業者4社より実証実験期間（2022年度春期）中にオンライン収集したサンプル台数は、実証実験の情報生成対象区間である首都高羽田線（空港西IC～汐留IC）の階層1（直近5分以内）において平均5.2台/5分間であった。（図10）なお、実際のサンプル台数分布をみると（図11）、階層1で6台以上取得できた区間・時間帯は4割にとどまり、残り6割の区間・時間帯は階層2（直近5～10分）以降の階層のサンプルも活用して情報を生成することとなる。

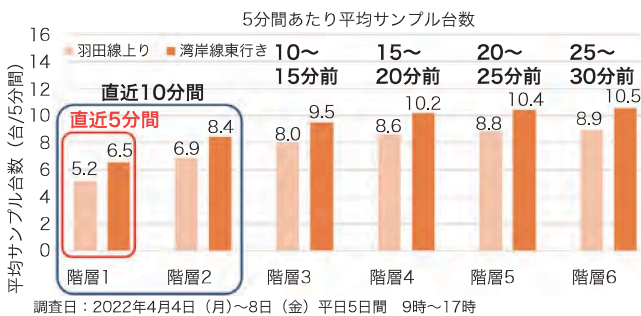


図10 5分間あたり平均プローブサンプル台数

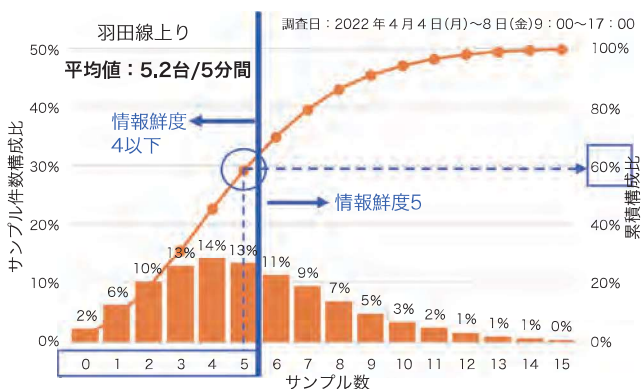
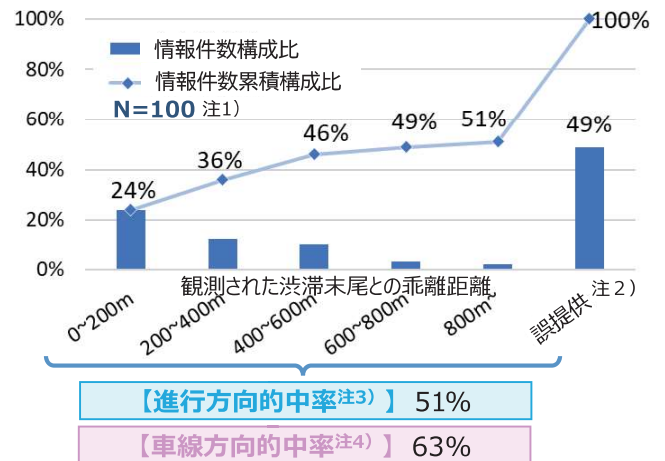


図11 プローブサンプル台数分布(階層1:直近5分)

4.6. 生成情報の精度の検証

実証実験期間（2022年度春期）中に提供された渋滞末尾情報に対する、調査車両によって観測された実際の渋滞末尾位置との乖離距離について、距離帯別情報件数分布を図12に示す。これによると、乖離距離が200m以内の情報件数の割合は24%、同じく400m以内の割合は36%という結果であった。なお、提供された渋滞末尾情報件数のうち、実際に渋滞が観測された件数の割合である「進行方向的中率」は51%という



- 注1) 春実験（2022年5月）検証対象期間：2022/5/10～5/31
 注2) 誤提供：渋滞末尾情報は表示されたが、試験車両は渋滞に遭遇しなかったなど、対応する渋滞末尾が観測されなかった場合
 注3) 進行方向的中率：提供された渋滞末尾情報のうち、渋滞が発生していた割合
 注4) 車線方向的中率：進行方向が的中した渋滞末尾情報のうち、渋滞している車線方向が的中した割合

図12 観測された渋滞末尾位置との乖離距離分布

結果にとどまった。また、進行方向が的中した渋滞末尾情報のうち、渋滞車線の方向が的中した「車線方向的中率」は63%という結果となった。これらの要因には現状の5分周期判定の短縮やウインカー情報取得量の増など、中期的な改善が求められるものもあるが、一方で現状の判定手法の改良で改善が期待できるものについては2022年度秋実験での適用を行い、効果の認められるものについては技術仕様に反映する。

5 今後の方向性と課題

実用化に向け、技術検証と並行して、社会実装にあたっての方向性としてプローブ情報の集約機能や官民情報の統合機能など必要となる機能や役割分担を検討し、車線レベル道路交通情報の生成及び提供のアーキテクチャ案を作成した。

実用化に向けた検討課題としては、持続的な運用体制の構築、データ基盤の整備・維持管理体制の構築、サービス拡張のロードマップの明確化等が挙げられる。

6 おわりに

現状で複数のプローブ事業者の市販車両から得られるプローブ情報を実際に収集し、車線レベルの道路交通情報の生成、並びにその表現方法を検討・検証した。

また、限られたプローブデータ量によるものではあったが、首都高速2路線を対象に実証実験を実施し、情報の有用性や課題の抽出等を行った。その結果、プローブ情報を用いた車線レベル道路交通情報生成に関して、収集できる情報量や情報生成の可能性について、実用化に向けて一定の成果を得ることができた。

【参考文献】-----

- (1) 一般財団法人日本デジタル道路地図協会：「拡張DRMDBのデータ標準(案)(概要とUMLクラス図)」及び「拡張DRM-DBのデータ標準(レコードフォーマット)」(2019/12/11版)。
- (2) 一般社団法人JASPAR：ST-VI-1 車両情報共用API仕様書Ver.1.0, 車両情報共用検討WG, 2020.01.17.
- (3) 一般社団法人JASPAR：ST-VI-2 車両情報共用コンセプト仕様書Ver.1.0, 車両情報共用検討WG, 2020.01.17.
- (4) 一般社団法人JASPAR：ST-VI-3 車両情報共用データセット仕様書Ver.1.0, 車両情報共用検討WG, 2020.01.17.

【本件問合せ先】-----

パシフィックコンサルタンツ株式会社 デジタルサービス事業本部,
〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目22番地, 03-6777-4476,
担当：市川博一, 竹之内篤

株式会社三菱総合研究所 スマート・リージョン本部, 〒100-8141
東京都千代田区永田町二丁目10番3号, 03-6858-0241, 担当：森崎千雅