

ISSN 1346-7328
国総研資料第1297号
令和6年10月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1297

October 2024

ETC2.0 データの配信サービスに関する共同研究報告書

今野新・森洸斗・杉山貴教・中川敏正

Joint Research and Development Report on Distribution of ETC2.0 Probe Data

Konno Arata, Mori Hiroto, Sugiyama Takayuki, Nakagawa Toshimasa

国土交通省 国土技術政策総合研究所

一般財団法人 ITS サービス高度化機構

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan
ITS Technology Enhancement Association

ETC2.0 データの配信サービスに関する共同研究報告書

今野新* 森洸斗** 杉山貴教*** 中川敏正****

Joint Research and Development Report on Distribution of ETC2.0 Probe Data

KONNO Arata*, MORI Hiroto**, SUGIYAMA Takayuki***, NAKAGAWA Toshimasa****

概要

本資料は、平成30年10月から令和5年3月に実施した「ETC2.0データの配信サービスに関する共同研究」の成果を報告するものである。本共同研究では、国が収集したETC2.0プローブデータの利活用促進を目的として、民間企業からETC2.0データの利活用に関するニーズの把握を行った。また、ETC2.0データを用いて交通状況を可視化する手法の提案を示した。

キーワード：プローブデータ、データ処理、時空間速度図

Synopsis

This document reports the results of "Joint Research and Development on Distribution of ETC 2.0 Probe Data", which was conducted from October 2018 to March 2023. In this joint research, the required contents of distribution of ETC 2.0 probe data of private sector was identified with the aim of further utilization of ETC 2.0 probe data. As a result, a method to visualize traffic conditions was proposed for accessible use.

Key Words : probe data, data processing, time-space diagram

*	高度道路交通システム研究室 主任研究官	Senior Researcher , Intelligent Transport Systems Division
**	高度道路交通システム研究室 交流研究員	Guest Research Engineer, Intelligent Transport Systems Division
***	高度道路交通システム研究室 研究官	Researcher, Intelligent Transport Systems Division
****	高度道路交通システム研究室長	Head, Intelligent Transport Systems Division

- 目 次 -

1. はじめに.....	- 1 -
2. 共同研究の枠組み	- 2 -
2.1. 共同研究の位置づけ	- 2 -
2.2. 共同研究の目的	- 2 -
2.3. 共同研究の内容	- 2 -
2.4. 共同研究者.....	- 2 -
2.5. 共同研究のスケジュール.....	- 2 -
2.6. 共同研究の分担	- 3 -
2.7. 用語の定義.....	- 3 -
3. 配信サービスの実現に向けた研究成果.....	- 6 -
3.1. 成果の概要.....	- 6 -
3.1.1. 一般プローブデータの利活用に関するニーズの把握	- 6 -
3.1.2. 一般プローブデータを用いて交通状況を可視化する手法の提案.....	- 6 -
3.2. 一般プローブデータの利活用に関するニーズの把握.....	- 7 -
3.2.1. 一般プローブデータの利活用に関するニーズの概要	- 9 -
3.2.2. 一般プローブデータの利活用に関するニーズの詳細	- 11 -
3.3. 一般プローブデータを用いて交通状況を可視化する手法の提案.....	- 14 -
3.3.1. 一般プローブデータの価値と配信サービス.....	- 14 -
3.3.2. 配信サービスの具体事例の設定	- 15 -
3.3.3. 走行速度の計測.....	- 16 -
3.3.4. 事業効果計測用の配信サービス	- 21 -
3.3.5. ヒートマップ処理の一般化	- 28 -
3.3.6. 渋滞実績検索アプリケーションの構築	- 38 -
3.3.7. 同時多数の大規模なヒートマップ用データの配信	- 40 -
3.3.8. 配信実験用 PC の構成	- 44 -
4. 開示した研究成果	- 46 -
5. おわりに.....	- 47 -
参考文献	- 48 -

付録資料

付録資料 1 一般プローブデータに関する状況

1. はじめに

国土交通省は、道路上に ETC2.0 路側機（以下「路側機」という。）を整備しており、ETC2.0 車載器（以下「車載器」という。）を装着した車両がこの路側機を通過する際に、車載器に蓄積されたデータを取得している¹⁾。取得したデータは、車両の情報や走行履歴、挙動履歴で構成されており²⁾、個別の車両が特定できないよう処理したデータ（以下「一般プローブデータ」という。）と、車両保有者の同意を得た上で個々の車両を特定できるようにしたデータ（以下「特定プローブデータ」という。）の2種類に分けられる。

一般プローブデータは、道路管理者（国土交通省や高速道路会社）によって、渋滞箇所の把握や生活道路の安全対策、災害時の通行実績などの交通状況の把握に活用されている。特定プローブデータは、特殊車両の経路確認や訪日外国人のレンタカー事故対策等で活用されるとともに、車両の運行管理支援を目的とした配信事業「ETC2.0 特定プローブデータ配信サービス」³⁾として提供されている。このサービスは、（一財）道路新産業開発機構が国土交通省に代わって配信事業者となり、自社車両の運行管理等を行いたい民間企業へ特定プローブデータを配信するものとなっている。このように、特定プローブデータを民間企業等が活用する仕組みは構築されているが、一般プローブデータについては、道路管理者内での活用に留まっている。

このような中、平成 30 年 5 月に国土交通省生産性革命プロジェクトの一つとして、「ETC2.0 のオープン化」⁴⁾が追加され、今後の利活用促進に向けた取組みを進めている。

これを受け、国土交通省国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）では、民間企業も含めた一般プローブデータの利活用促進を目的として、共同研究（以下「本共同研究」という。）の参加者の公募⁵⁾を行い、平成 30 年 10 月より（一財）ITS サービス高度化機構（以下「ITS-TEA」という。）と本共同研究を開始した。その後、一般プローブデータを活用したサービスについて、民間企業から提案されたサービスが選定された⁶⁾。

一般プローブデータは走行履歴や挙動履歴など複数の項目から構成される（詳細は付表 1 を参照）。このため、一般プローブデータの利活用促進のためには、民間企業が必要とする情報（ニーズ）を明らかにする必要がある。また、一般プローブデータの元となるデータは、全国の高速道路及び直轄国道に設置された路側機へアップリンクされ、このデータサイズは 1 日あたり平均約 57GBytes と大きい（詳細は付図 6 を参照）。このため、必要とされる情報を利用し易く配信するため、一般プローブデータを処理・加工する方法の提案が必要である。

そこで本共同研究では、民間企業が一般プローブデータの配信サービス（以下「配信サービス」という。）に求めるニーズを明らかにするため「一般プローブデータの利活用に関するニーズの把握」を行う。次に、一般プローブデータのデータサイズを小さくし、処理時間を短縮した上で、必要とされる情報を配信する一つの方法として「一般プローブデータを用いて交通状況を可視化する手法の提案」を行う。

本共同研究の成果として、「一般プローブデータの利活用に関するニーズの把握」では、走行速度に関する配信サービスのニーズが比較的多いことを明らかにした（本稿 3.2 節に対応）。「一般プローブデータを用いて交通状況を可視化する手法の提案」では、民間企業も含めた利用者が、関東圏内の高速道路や並行する直轄国道を対象に、過去の渋滞実績を簡単に検索できる Web ベースのアプリケーションを構築した（本稿 3.3 節に対応）。

なお、プローブデータのデータ構成やデータサイズ等の状況は付録資料 1 に示す。

2. 共同研究の枠組み

2.1. 共同研究の位置づけ

一般プローブデータは現在、道路管理者（国土交通省や高速道路会社）によって、渋滞箇所の把握や生活道路の安全対策、災害時の通行実績把握等に活用されている。このような活用に向けた既往研究の例として、一般プローブデータの発災時における通行可能なルートの把握可能性の検討や⁷⁾、道路管理者による一般プローブデータの活用を目的とした「プローブ情報利活用システム」の開発⁸⁾が挙げられる。このように、一般プローブデータの活用に向けた研究は、道路管理者を対象とした活用に留まっていた。

このような中、平成 30 年 5 月に国土交通省生産性革命プロジェクトの一つとして「ETC2.0 のオープン化」⁴⁾が追加された。国総研では、一般プローブデータを民間企業に提供する仕組みを構築するため、共同研究の参加者を公募⁵⁾し、平成 30 年 10 月より ITS-TEA と共同研究を開始した。

2.2. 共同研究の目的

本共同研究では、民間企業も含めた一般プローブデータの利活用促進を目的として、「一般プローブデータの利活用に関するニーズの把握」、「一般プローブデータを用いて交通状況を可視化する手法の提案」を行う。

2.3. 共同研究の内容

(1) 一般プローブデータの利活用に関するニーズの把握

民間企業が、配信サービスに求めるニーズを把握する。また、一般プローブデータの有効利用という観点から、民間企業に加えて道路管理者による利用の可能性（特に地方公共団体での利用）についても把握する。

(2) 一般プローブデータを用いて交通状況を可視化する手法の提案

(1)で把握したニーズに基づき、一般プローブデータのデータサイズを小さくし、処理時間を短縮した上で、必要とされる情報を配信する一つの方法として、時空間速度図で交通状況を可視化する手法を提案する。本手法に要する処理時間やデータサイズも示す。

2.4. 共同研究者

一般財団法人 ITS サービス高度化機構

2.5. 共同研究のスケジュール

(1) 共同研究の実施期間

平成 30 年 10 月 16 日 から 令和 5 年 3 月 31 日 まで

(2) 共同研究の年次計画

共同研究の年次計画は、表 2-1 のとおりである。

表 2-1 年次計画

研究項目	年次計画				
	H30	R1	R2	R3	R4
一般プローブデータの利活用に関するニーズの把握 (本稿 3.2 節に対応)	—	—	→		
一般プローブデータを用いて交通状況を可視化する手法の提案 (本稿 3.3 節に対応)		—	—	—	→

2.6. 共同研究の分担

本共同研究の研究分担は、表 2-2 のとおりである。

表 2-2 本共同研究の分担

研究項目	研究分担	
	国総研	ITS-TEA
一般プローブデータの利活用に関するニーズの把握 (本稿 3.2 節に対応)	◎	○
一般プローブデータを用いて交通状況を可視化する手法の提案 (本稿 3.3 節に対応)	○	◎

摘要 ◎・・・主担当、○・・・担当

2.7. 用語の定義

本稿で扱う用語を以下に示すとおり定義する。

(1) Electronic Toll Collection System (ETC)

有料道路における料金所渋滞の解消、キャッシュレス化による利便性の向上、管理コストの節減等を図るため、有料道路の料金所で一旦停止することなく無線通信を用いて自動的に料金の支払いを行うシステムである。ノンストップ自動料金支払いシステムと言う場合がある。日本では、2000 年 4 月より首都圏を中心に試行運用を始め、2001 年 3 月からサービスを開始し、2001 年 11 月から全国に拡大した。

(2) ETC カード

ETC システムを利用するための IC カードである。有料道路事業者、及びそれらと料金決済契約を交わしたクレジットカード会社が発行する。ETC カードには料金決済に必要な情報が格納され、暗号化されており、安全で迅速な情報交換が可能である。

(3) 路側機

道路側に設置された機器の総称である。

(4) 車載器

路側アンテナとの間で無線により有料道路の料金支払い、その他 ITS のサービスのために必要な情報を交信するために、車両のダッシュボードの上等に設置する無線装置。カーナビゲーションと連動して動くナビ連動型車載器と、単体で動く発話型車載器に分類される⁹⁾。ナビ連動型車載器は主に乗用車に、発話型車載器は主に貨物車に搭載される。

(5) Dedicated Short Range Communication (DSRC)

ETC や商用車管理システム等の路車間通信に用いられる（専用）狭域通信（図 2-1 を参照）である。光を用いる方式と電波を用いる方式があり、通信可能な範囲は一般に路側機から数 m ～数 100m である。

国内では 1970 年代の自動車総合管制技術（Comprehensive Automobile Traffic Control System : CACS）が最初の ITS プロジェクトとして知られているが¹⁰⁾、DSRC の概念は 1980 年代後半に研究開発や実証実験などが実施された路車間情報システム（Road/Automobile Communication System : RACS）に確立された。

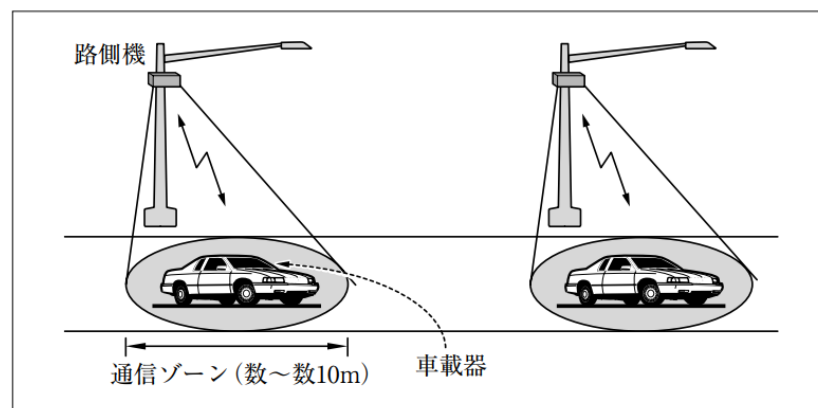


図 2-1 DSRC の概念図¹¹⁾

(6) アップリンク

ITS 車載器が、路側機に情報を送信する動作である。

(7) ダウンリンク

路側機が、ITS 車載器に情報を送信する動作である。

(8) 一般プローブデータ

アップリンクされたデータを対象に統計処理を行い、個別の車両が特定できないように処理したデータである。

(9) 特定プローブデータ

アップリンクされたデータのうち、車両保有者の同意を得た上で、個々の車両を特定できるようにしたデータである。

(10) 可搬型路側機

任意の場所に設置可能で機動的に運用できる可搬型の路側機である^{12),13)}。

(11) デジタル道路地図 (Digital Road Map : DRM)

通行規制・路上工事・事故・渋滞等の道路交通関連諸情報について、道路管理者と道路利用者が共通利用するための位置 ID を持つデジタル道路地図である¹⁴⁾。DRM における道路網はノードとリンクの組み合わせによって表現される。ノードは、交差点やその他道路網表現上の結節点などを表し、リンクは、ノードとノードの間の道路区間を表す。

(12) 交通調査基本区間

区間設定を各種の調査区間の最小単位とし、各調査結果の相互利用、分析及び集計が容易となる区間である。

(13) テレマティックス

電気通信と情報技術（インフォマティクス）を組み合わせた造語。情報通信によるマルチメディアである。

(14) パークアンドライド (Park and Ride)

都心部等での道路交通混雑を避けるために、都市の郊外部において自動車を駐車し、鉄道・バス等の公共交通機関へ乗り換える手法である。また、バスの場合は、パークアンドバスライド、自転車を利用したものをサイクルアンドライドともいう。

(15) 時空間速度図

横軸に時間、縦軸に距離をとり、車両の平均走行速度を示した図である。本稿 3.3 項にて、一般プローブデータに含まれる走行履歴データから、車両の平均走行速度を描画する手法を示す。

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

3.1. 成果の概要

3.1.1. 一般プローブデータの利活用に関するニーズの把握

本共同研究に先立ち、国土交通省にて、民間の保有するデータと統合利用することにより交通の利便性や円滑性、安全性を更に向上させるサービス等について、民間企業から一般プローブデータの新たな利活用サービスについて公募した。

本研究項目については、選定されたサービスを展開している民間企業にヒアリングを実施し、一般プローブデータの配信サービスに求めるデータ項目・集計区分を明らかにした。

さらに、一般プローブデータの更なる有効利用という観点から、民間企業に加えて道路管理者（地方公共団体）へもヒアリングを実施し、利用の可能性を把握した。地方公共団体、デベロッパーや損害保険会社へのヒアリングの結果、道路の整備効果や交通実態の把握を目的に、走行速度に関する配信サービスのニーズが比較的多いことを明らかにした。

3.1.2. 一般プローブデータを用いて交通状況を可視化する手法の提案

利用者にとって価値のあるデータを配信するには、一般プローブデータの中から、有用な情報を簡単かつ迅速に引き出せることが求められる。つまり、データサイズを小さくし、処理時間を短縮した上で、必要とされる情報を配信する必要がある。

3.1.1 項に示すヒアリング結果から、一般プローブデータから走行速度が計測できれば、配信サービスの有力な対象となることを明らかにした。そこで本研究項目では、利用し易いデータ提供を行う方法の1つの方法として、時空間速度図を作成する手法を提案した。本手法の提案においては、時空間速度図（以下「ヒートマップ」という。）のデータサイズや処理時間も示した。

また、上記の手法に基づき、民間企業も含めた利用者が、過去的高速道路の渋滞実績を簡単に検索できる Web ベースのアプリケーション（以下「渋滞実績検索アプリケーション」という。）を構築した。渋滞実績検索アプリケーションの対象とする道路は、東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、首都高速道路株式会社が管理する一部の区間と、この区間に並行する直轄国道とした。利用者にとって、大型連休の帰省時などの高速道路の渋滞実績は、過去の情報であっても今年の行程計画の参考情報となり得る程度の効果があると考えられる。

なお時空間速度図とは、縦軸を距離、横軸を時間に車両の平均走行速度を描画した図であり、平均走行速度は一般プローブデータを構成する様式 1-2 に含まれる個車の走行履歴情報から計算処理が可能である。

利用し易いデータ提供を行う別の方法として、一般プローブデータを構成する様式 1-4 に含まれる個車の挙動履歴情報から、急減速位置および加速度を描画した図（以下「ブレーキマップ」という。）を作成する手法も取りまとめた。ブレーキマップの作成に要するデータサイズや処理時間は、時空間速度図のものに対して、1桁小さいという知見を得た。例えば2路線2方向で1日分のデータを対象とした場合、ヒートマップでは 95.98Mbytes のデータサイズの作成に 7 分 41 秒を要することに対し、ブレーキマップでは 1.98Mbytes の作成に 43 秒の時間を要した。

プローブデータのデータ構成やデータサイズ等については、付録資料 1 に示す。

3.2. 一般プローブデータの利活用に関するニーズの把握

本共同研究に先立ち、国土交通省にて、民間の保有するデータと統合利用することにより交通の利便性や円滑性、安全性を更に向上させるサービス等について、民間企業から一般プローブデータの新たな利活用サービスについて公募した。11 団体 21 サービスの応募があり、有識者委員会での審議等を経て、5 つの観点（適用性、妥当性、有用性、先進性、実現性）から評価し、一般プローブデータを利用した 9 サービス（表 3-1 を参照）、特定プローブデータを利用した 10 サービス（表 3-2 を参照）が選定された⁶⁾。

表 3-1 選定された 9 サービス（一般プローブデータを利用）

サービス名		サービス概要
1	交通混雑予測を反映したスムーズな駐車場誘導サービス	観光地等に可搬型路側機を設置し、道路上の混雑状況と駐車場の混雑状況を把握・予測。混雑を避けてスムーズに駐車場まで誘導。
2	車両区分ごとの通行実績表示サービス	乗用車主体の民間プローブにおける通行実績に、ETC2.0 の乗用車以外の通行実績を補完。
3	集約駐車場における地域交通マネジメントサービス	一般プローブデータを利活用し、地域の活性化やモビリティサービス強化につながる駐車場の設計や運営をマネジメント。
4	飲料自動販売機によるエリア・ヒヤリハット情報配信サービス	周辺エリアのヒヤリハット情報を、飲料購入者に自販機の情報ディスプレイや発話機能を通じて提供。
5	一般・業務ドライバー向けエリア・ヒヤリハット情報提供サービス	団体が保有するドライバー情報と、事故情報、一般プローブデータに含まれるエリアの経路情報や挙動情報を統合し、居住エリア・配送エリアの「事故予防情報」として提供。
6	道路の危険箇所調査サービス	一般プローブデータで抽出した危険箇所に、センサを設置し、事故を引き起こす要因となる危険行動やヒヤリハットを把握。
7	公共交通機関(バス)の運行状況提供の高度化サービス	バス停間の正確な所要時間を、その区間を走行している一般車両の一般プローブデータから算出。到着予想時間の精度を向上し、乗り継ぎの選択変更や待ち時間を有効活用。
8	高速バスの運行予測・情報案内サービス	一般プローブデータの渋滞情報を活用して、高速バス車内で乗客に対し渋滞情報や到着予測時刻を配信。
9	道路メンテナンス時期予測サービス	一般プローブデータの通行データと車重データを組み合わせ、各道路に掛かる負荷を予測し、精度の高い道路メンテナンス時期を予測。

表 3-2 選定された 10 サービス（特定プローブデータを利用）

サービス名	サービス概要
1 過疎地域の路線バス・タクシー運行管理サービス	バス会社やタクシー会社が、特定プローブデータから、現在位置や到着時刻、代替手段などの情報をサービス契約した利用者に情報提供。
2 地域の運送サービス車両の運行管理支援サービス	地域の運送サービスを提供する車両から、事業者の民地に設置した路側機を介して特定プローブデータを収集し、運行管理支援サービスを提供。
3 庸車運行管理サービス	物流会社が、指定車両の特定プローブデータから、車両位置、速度、加速度情報や経路情報などを確認することにより、庸車運行业務を適正化。
4 トラック連携・効率化サービス	特定プローブデータと車重データを組み合わせ、細かい道路単位での物流状況を把握し、トラック運送業者に効率的な物流を提供。
5 外国人旅行者向けレンタカー安全運転支援サービス	訪日外国人のレンタカー運転時に、特定プローブデータ、運転特性、車内カメラによるドライバーの挙動把握を踏まえ、情報提供や安全運転を指示。
6 バス運転手の健康・教育サポートシステム	生体情報デバイスによるモニタリング結果と特定プローブデータを組合せ、運転手の技能分析やヒヤリハット地点の注意喚起でバス事業者が運転手を指導。
7 ヒヤリハットデータを活用した道路交通安全向上サービス	特定プローブデータ及びカーシェア会員の属性別ヒヤリハットデータを相互に提供。潜在的な危険箇所を特定。車両・運転手の属性に応じた運転支援や経路選択等に活用。
8 テレマティクス保険情報提供サービス	特定プローブデータと点検整備情報や先進安全自動車(ASV)情報等を組み合わせた、テレマティクス保険情報提供サービス。
9 交通空白地域における運転者情報提供サービス	特定プローブデータと自動車検査証情報、保険会社が保有するドライバー運転適性情報等を組み合わせた交通空白地域における運転者情報の提供サービス。
10 大型車インセンティブサービス	特定プローブデータと地図情報や自動車検査証情報を組み合わせ、大型車の走行経路等に応じてインセンティブを付与。

3.2.1. 一般プローブデータの利活用に関するニーズの概要

(1) 共同研究で取り組むサービス

本共同研究では、表 3-1 のうち、一般プローブデータを用い、かつ蓄積データを利用する提案である 6 つのサービスを対象とした。その他の特定プローブデータを利用する提案やリアルタイムでのデータ利用に関しては、今回の共同研究の対象外とした。

共同研究で対象とする 6 つのサービスを表 3-3 に示す。

表 3-3 本共同研究で取り組む 6 つのサービス

サービス名		サービス概要
1	交通混雑予測を反映したスムーズな駐車場誘導サービス	観光地等に可搬型路側機を設置し、道路上の混雑状況と駐車場の混雑状況を把握・予測。混雑を避けてスムーズに駐車場まで誘導。
2	車両区分ごとの通行実績表示サービス	乗用車主体の民間プローブにおける通行実績に、ETC2.0 の乗用車以外の通行実績を補完。
3	集約駐車場における地域交通マネジメントサービス	一般プローブデータを利活用し、地域の活性化やモビリティサービス強化につながる駐車場の設計や運営をマネジメント。
4	飲料自動販売機によるエリア・ヒヤリハット情報配信サービス	周辺エリアのヒヤリハット情報を、飲料購入者に自販機の情報ディスプレイや発話機能を通じて提供。
5	一般・業務ドライバー向けエリア・ヒヤリハット情報提供サービス	団体が保有するドライバー情報と、事故情報、一般プローブデータに含まれるエリアの経路情報や挙動情報を統合し、居住エリア・配送エリアの「事故予防情報」として提供。
6	道路の危険箇所調査サービス	一般プローブデータで抽出した危険箇所に、センサを設置し、事故を引き起こす要因となる危険行動やヒヤリハットを把握。

(2) データ配信項目

表 3-3 に示すサービスを展開している民間企業にヒアリングを行ったところ、一般プローブデータに求めるデータ項目・集計区分は表 3-4 のとおりであった。

表 3-4 一般プローブデータに求めるデータ項目・集計区分

サービス名	データ項目	集計区分		
		DRM リンク・メッシュ	平日・休日別	時間区分
1 交通混雑予測を反映したスムーズな駐車場誘導サービス	・旅行時間 ・速度 ・ゾーン流入台数(エンジンOFF 箇所)	・2 次、3 次メッシュ単位	—	—
2 車両区分ごとの運行実績表示サービス	・旅行時間 ・速度	—	・日別	・1 時間単位 ・15 分単位
3 集約駐車場における地域交通マネジメントサービス	・旅行時間 ・速度	—	・曜日別	・1 時間単位
4 飲料自動販売機によるエリア・ヒヤリハット情報配信サービス	・急減速件数	・メッシュ単位(急減速)	・平休別(急減速)	・1 時間単位(急減速)
5 一般・業務ドライバー向けエリア・ヒヤリハット情報提供サービス	・旅行時間 ・急減速件数	・DRM リンク単位(旅行時間) ・4 次、5 次メッシュ単位(急減速)	・平休別(急減速)	・1 時間単位(旅行時間) ・3 時間帯単位(急減速)
6 道路の危険箇所調査サービス	・急減速件数 ・U ターン車両件数	・メッシュ単位	・1 ヶ月単位	・1 ヶ月単位

3.2.2. 一般プローブデータの利活用に関するニーズの詳細

一般プローブデータの更なる有効利用という観点から、民間企業に加えて道路管理者によるデータの利用可能性（特に地方公共団体での利用促進）を把握することが重要と考え、地方公共団体、地方道路公社（計5団体）へのヒアリングを実施した。また、民間企業に関しても、選定された公募者以外のニーズを改めて把握するため、デベロッパー、損害保険会社（計4団体）へのヒアリングを実施した。

ヒアリングの結果について、計9団体における一般プローブデータの活用案や、一般プローブデータの活用に必要となる分析項目を表3-5に示す。より詳細な結果について、表3-6に計9団体が利用している既存の交通関連データ、一般プローブデータの活用可能性（既存データの代替可能性や新たな活用可能性）、一般プローブデータへのニーズ（集計単位、対象路線、起終点精度、リアルタイム性、使用するデータ）を示す。表3-7には、一般プローブデータによる分析方針、その他のニーズ、データ利用上の課題を示す。

表3-5より、道路の整備効果や交通実態を把握するため、走行速度に関する配信サービスのニーズが比較的多いことを明らかにした。事故多発箇所等の分析のため、急挙動も分析項目に挙げられた。このようなニーズに基づき、一般プローブデータの配信手法を3.3節に示す。

また、表3-6や表3-7より、路線や地域での取得サンプル数、国道、県道、市町村道でのカバー率や細街路へのマップマッチングの必要性など、一般プローブデータに内在している課題を把握した。この課題に対しては、国総研にて別途研究を行っている（第5章を参照）。

表 3-5 一般プローブデータの活用案と活用に必要な分析項目

ヒアリング対象		一般プローブデータの活用案	一般プローブデータの活用に必要な分析項目
地方公共団体	地方公共団体 A	道路工事の交通実態への影響や整備効果の把握	幹線道路、生活道路の速度、交通量、急挙動等
	地方公共団体 B	パーク＆ライドの対応や観光スポット周辺の混雑状況の把握	観光エリア全体の速度、経路、立ち寄り箇所、滞在時間、出発場所等
	地方公共団体 C	渋滞対策・予測検討	(同上)
地方道路公社	地方道路公社 A	交通施策実施による交通実態への影響	旅行時間、経路等の変化、人の動態
	地方道路公社 B	管理路線の交通実態の見える化	現状の渋滞発生箇所、危険箇所、急挙動
デベロッパー	デベロッパーA	計画中商業施設の駐車場の位置検討	商業施設周辺（細街路含む）の車両の速度や経路
	デベロッパーB	商業施設開業による交通実態への影響／バスのルート検討（定時性確保）	(同上)
損害損保会社	損害損保会社 A	事故多発箇所における発生要因の把握	事故多発箇所の前後の速度、急挙動
	損害損保会社 B	安全運転に向けた物流事業者への交通データ提供	事業者の希望する箇所での速度、急挙動

表 3-6 ヒアリング結果詳細の一覧（1/2）

ヒアリング対象		利用している既存の 交通関連データ	ETC2.0 の活用可能性		一般プローブデータへのニーズ				
属性	ヒアリング先		既存データの代替可能性	新たな活用可能性	集計単位	対象路線	起終点精度	リアルタイム性	使用するデータ
地方公共団体	地方公共団体 A	・ 交通量、渋滞長等の現地データ ・ ヒヤリハット箇所の把握(国による分析)	・ 道路拡幅時等の現況道路の速度の把握	・ 生活道路における路線単位での速度、挙動の把握 ・ 集計前データでの分析	・ 最低で時間単位 ・ データは路線単位でほしい	・ 管理路線及び幹線道路 ・ 細街路も把握したい ・ 区相当ではセンサス対象路線が少ないため、様式 2-6 等は扱いづらい	・ 経路情報は優先度低い	・ リアルタイム性の要求は低い	・ 急挙動、速度
	地方公共団体 B	・ 交通量調査を毎年実施 ・ 警察提供の事故データ VICIS データ	・ (代替ではなく、異なる調査として扱う方向も検討)	・ 混雑予測情報の提供 ・ 来訪者の経路把握により、パーク＆ライド対策に活用 ・ 観光地エリアの情報提供 ・	・ 最低で時間単位	・ 市内は細街路までの道路 ・ 市外はエリア程度で想定	・ 起終点がマスクされるのは、狭い中での移動を追うには難しい	・ リアルタイム性の要求は低い	・ 経路分析が主
	地方公共団体 C	・ 交通量、渋滞長等の現地データ ETC2.0 を活用した交差点方向別速度、旅行速度、経路等の分析(国による分析)	・ 観光地の速度低下箇所の分析等実査の代替	・ 直轄国道以外での速度や観光地の駐車場前後の速度分析 ・ 交通量と比較した渋滞予測	・ 最低で時間単位	・ 分析エリア、目的によるが、細街路のデータは優先度低い	・ 観光地の周遊行動を把握したく、その際は難しい	・ リアルタイム性があればそれに越したことはない	・ 速度、経路分析、起終点が主
地方道路公社	地方道路公社 A	・ アンケート調査 ・ ナンバープレート調査 ・ 渋滞長調査 料金所実績データ	・ 利用者の OD 分析	1.施策の効果 ・ 施策実施前後の旅行時間、経路等の比較 2.施策を打ち出すための分析 ・ 管理路線の周辺を含め旅行時間の把握 ・ 管理路線を利用しない人の動態把握	・ 少なくとも平休別	・ 管理路線及び一般道 ・ 細街路までは不要	・ 500m 程度のマスクは問題無い	・ 過去データは問題ない ・ 施策効果は 2 週間程度	・ 経路情報、発着地が主体 ・ 急挙動はあまり使わない
	地方道路公社 B	・ 料金所利用データ ・ トラカンデータ(公社で管理しており、あまり利用していない)	・ —	・ 渋滞発生個所の分析 事故多発箇所、危険個所の分析	・ 最低で時間単位	・ 管理路線	・ —	・ リアルタイム性の要求は低い	・ 急挙動、速度 ・ 経路や OD はあまり活用できない
デベロッパー	デベロッパーA	・ 携帯プローブデータ ※ 定常的ではなく試行的に使用	・ 来訪エリア分析 ・ 来店商圈の分施	・ 立て看板による公告掲載の効果検証 ・ 商業施設の駐車場設置位置検討	・ 日単位 ・ 平休別単位	・ 途中経路は幹線道路 ・ (商業)施設周辺は細街路までの道路	・ 商業施設はアウト ・ 店舗立地計画等では町丁目程度	・ リアルタイム性が向上すれば用途が広がるが、現時点ではリアルタイム性は望まない	・ 経路情報が主体 ・ 急挙動は社員の安全啓発程度
	デベロッパーB	・ 交通量調査、ナンバープレート調査 ・ 交通センサス ・ 携帯プローブデータ ・ バスの乗り込み調査	・ ナンバープレート調査や携帯プローブデータの経路分析の代替 ・ バス路線の渋滞状況の把握	・ 商業施設出店計画時における任意の期間の OD 分析 ・ 施設開業前後の交通量比較 ・ シャトルバスのルート検討	・ 日単位 ・ 時間単位	・ 基本は従来データと同等の対象だが、センサス対象道路もデータが欲しい	・ 分析内容による	・ 過去の実績分析が主体のため、リアルタイム性は求めない	・ 分析内容によるが経路、OD、速度、サンプル量を想定
損害保険事業者	損害保険事業者 A	・ 各県警ヒアリングによる事故発生個所 ・ ITARDA データ	・ 交差点に限定した危険度チェックと要因分析	・ 事故多発箇所の前後における車両挙動の分析を行い、事故発生要因を分析 ・ ワースト箇所の事故が減少した場合の要因分析	・ 最低で時間単位	・ 事故多発箇所のため幹線道路	・ 経路は不要	・ リアルタイム性の要求は低い	・ 急挙動、速度 ・ 経路は現状使用しない
	損害保険事業者 B	・ ドラレコ、車両 CAN データ ・ 安全マップ	・ 安全マップへの補完	・ 物流事業者への速度、挙動データ提供（教師データとして内部でシステム化）	・ 日単位、時間単位	・ 契約する物流企業までの道路 ・ 基本は幹線道路を対象	・ 経路上の速度、時間を分析する場合は、500m 程度のマスクは問題ない	・ リアルタイム性の要求は低い	・ 急挙動、速度、経路

表 3-7 ヒアリング結果詳細の一覧（2/2）

対象		一般プローブデータによる分析方針	その他のニーズ	データ利用上の課題
属性	ヒアリング先			
地方公共団体	地方公共団体 A	・ 年単位や月単位での集計により、工事の整備効果を検証 ・ 車種別(大型、小型、トラック)、時間帯別(朝夕ピーク、全日、昼データ)の分析 ・ 道路幅員 4m 以上の道路の分析	・ WEB 上での集計結果の閲覧	・ 集計前データの活用が望ましいが、技術的に難しい可能性 ・ データ量によるが、テーブル定義を理解すれば利用可能
	地方公共団体 B	・ 車両データが地域住民あるいは観光客の車両データが判別したい(車検証情報がほしい) ・ 観光客の滞在時間の把握 ・ 来訪者の属性(どこから)、立ち寄り施設の分析	・ 車検証情報を使って、来訪者の居住地情報が得られないか	・ 集計前データでは内部利用は難しい ・ ニーズに依った集計データでの提供が望ましい
	地方公共団体 C	・ 観光地区来訪者の来訪地、出発場所の把握 ・ 出発名所直近の駐車場の速度、変化を分析 ・ トラカンデータと比較した速度変化の分析(渋滞予測に活用)	・ 車検証情報を使って、来訪者の居住地情報が得られないか	・ 集計前データでは内部利用は難しい ・ ニーズに依った集計データでの提供が望ましい
地方道路公社	地方道路公社 A	・ 有料道路を無料化した際の利用者属性 ・ 有料道路を利用する人、しない人の OD や経路 ・ 有料道路を利用しない人はどのルートを使っているか、所要時間はどの程度かを分析	・ 路側機の設置個所とカバー圏域 ・ 可搬型路側機の概要、コスト、利用方法	・ GIS はないため図化できるものまでセットだと良い ・ コンサルに委託しなくても使用や表示が可能なデータ ・
	地方道路公社 B	・ B 半島道路等、代表路線での速度分析、急挙動箇所の分析(現地確認等、定性的に把握できているものを見える化したい)	・ 管理路線に路側機はないため、ETC2.0 の取得範囲を知りたい	・ 集計データを取得したとしても取扱ができるか懸念 ・ 画面上で見える化したものだけでも良いかもしれない
デベロッパー	デベロッパーA	・ 大型小型商業施設の出店計画の際、ETC2.0 でどのような情報が得られるかを把握 ・ 駐車場の流入経路の分析	・ 可搬型アンテナを店舗や駐車場の入口に設置することで、より有効なデータが得られる可能性	・ 自動集計は困難、そのためのシステムが必要となる ・ 地図データと結びつける方法までセットだと良い
	デベロッパーB	・ 公共交通の利用促進、対策のため踏切対策を検討しているため、ある踏切を利用している車両の経路を分析	・ バスの定時性検討のため、交差点における停止回数(待ち回数)を把握したい ・ データの取得状況を確認したい	・ 生データ（様式データ）の利用は中規模コンサルではハードルが高い
損害保険事業者	損害保険事業者 A	・ 都内で最も事故の多い交差点を選択し、事故の要因を解明できるかどうかを分析	・ 毎年国に対して、事故多発の交差点の改善を要請しているが、要因まで分析できるとより強力な要請が可能となる	・ 集計前データは無くても、分析結果が得られれば十分だと考える
	損害保険事業者 B	・ (集計データよりも集計前データの利用を要望)	・ データの特性、定義を理解すれば分析可能	・ 民間のテレマティクスデータの競合の恐れあり

3.3. 一般プローブデータを用いて交通状況を可視化する手法の提案

3.2 節で述べたヒアリング結果は、一般プローブデータの利活用面から、どのような情報にニーズがあるかを焦点に考察されたもので、実際に配信されるファイルとして、可視化された画像データなのかその元データなのか曖昧であり、コスト面を含む配信サービスとしての実現可能性についてまでは言及できなかった。

そこで、3.3 節では、共同研究実験 PC（以下「実験 PC」という。）を用いて、より具体的なデータ処理・加工を行ない、配信サービスのコスト面、実現可能性について言及する。

これにより、一般プローブデータの利活用促進のためには、13 の様式（付表 2 を参照）に対して、配信先において発生する、受信コストや処理コストなどを低減することが有効であることを導く。

3.3.1. 一般プローブデータの価値と配信サービス

一般プローブデータの価値については、サイズが小さく、有用な情報が簡単かつ迅速に引き出せるほど価値が高いと考える。様式 2-2 以下の集計データは、ファイルサイズは小さいが道路管理者などのユーザニーズに合った多様な情報が得られにくく、データの価値はそれほど高くない。

また、個車の履歴情報である様式 1-2 のデータは、自由に集計でき、多様な情報が得られる期待が大きいものの、ファイルサイズが非常に大きく（付図 6 や付表 2 参照）、集計のために煩雑な処理を必要とする。これらを数式で表現すると次式となる。

$$\text{一般プローブデータの価値} = \sum \max(\text{求める情報の価値} - \text{受信} \cdot \text{処理コスト}, 0) \quad (\text{式 3-1})$$

求める情報の価値は、本来の一般プローブデータそのものの精度、鮮度、網羅性などの基本的な特性のもとで得られる可能性のある情報の潜在的な価値である。この情報を具体的な形に取り出すために必要な受信・処理コストが過大になると一般プローブデータの価値は 0 になる。この場合は一般プローブデータの配信サービスを維持するための費用を捻出できなくなる恐れが高い。

3.3 節では、実験 PC を用いて具体的な情報として取り出せたデータ処理・加工に限定する。また、求める情報の価値は、一般プローブデータを用いない他の方法による情報の調達コストなどを用いた価額として、あるいは支払い意思額として式 3-1 のようにヒアリングによっても推計できると考える。

式 3-1 の一般プローブデータの価値を増加させるには、受け手側で発生する受信コストや実際の使用に適用するための処理コストを低減させる必要があり、これに伴う送り手側で行うデータ加工をここではデータの要約と呼ぶ。データの要約により、ファイルサイズが大幅に減少し、受け手側で情報を取り出すための処理が簡素化、効率化する。

一方、配信サービスとしては、13 の様式のまま無加工で一般プローブデータを配信するサービスが最も分かり易い。情報技術が非常に進展して、大容量のファイルを短時間で配信できる状況下においては、こうした配信サービスが普及する可能性がある。受信側で個車データを加工できれば、目的に応じた情報を的確に取得できる期待もある。

時間的、空間的に狭い範囲に限定した場合の無加工の配信サービスは、特定の市町村の比較的狭い範囲のケーススタディの事例がこれまでも多数ある。

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

しかし、3.2 節では利活用促進が進まない要因としてデータの配信やデータ処理に手間がかかるといった意見も存在した点に着目し、3.3 節では、配信サービスを、「一般プローブデータを要約し、提供する役務」と、やや狭く定義する。

逆に言えば、配信サービスの対象は、「反復可能な比較的長い計算処理で得られる要約データ」であり、巨大なサイズのエデータのスリム化し、さらに、受信側の処理コストを低減できるものほど一般プローブデータの価値を高めることになる。

3.3.2. 配信サービスの具体事例の設定

道路改良事業前後の交通円滑化の効果分析を行うため、実車走行による直接計測や CCTV カメラ画像を一定期間取得し、動画画像の解析により走行速度データを取得することがよくある。

ヒアリング結果の概要（表 3-5 を参照）でも、走行速度に関する配信サービスのニーズが比較的多いことから、一般プローブデータから走行速度が計測できれば、配信サービスの有力な対象となる。

一方、2022 年 7 月 22 日供用となった国道 6 号松戸隧道交差点における右折専用レーン設置については、道路管理者が記者発表¹⁵⁾して整備効果などを発信している。

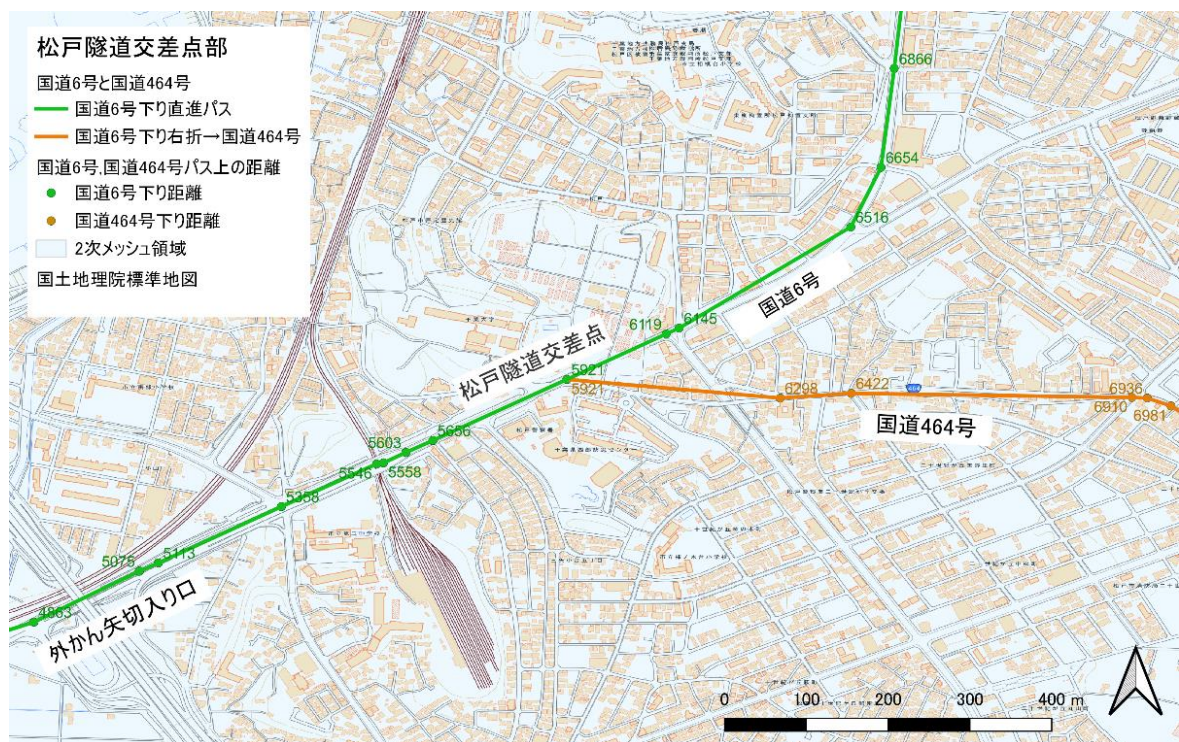


図 3-1 国道 6 号松戸隧道交差点位置図



図 3-2 右折専用レーン設置前

(出典：関東地方整備局千葉国道事務所の
記者発表資料を元に作成)



図 3-3 右折専用レーン設置後

(出典：同左)

当該事業は図 3-1 に示す国道 6 号と国道 464 号が交差する交差点付近で実施された。これにより、図 3-2 のように右折・直進の供用レーンの右折待ち車両の影響で直進車両が停滞しやすい状態を、図 3-3 の右折専用レーン設置により直進 2 車線を常時確保できるようになった。

この事例箇所について、一般プローブデータから供用前後の走行速度を計測することにより、所要時間や所要時間信頼性に関する情報を取得し、仮想的な配信サービスを分析することとした。

3.3.3. 走行速度の計測

一般プローブデータの様式 1-2 には 200m 毎または一定以上の減速や方向変化を生じた箇所の GNSS の計測値が個車の履歴点として格納されている。この履歴点にはトリップ番号という情報が付加されている。トリップは交通工学で用いられる概念とは異なり、本稿では連続した走行を示す。

処理上は、2 点間の距離が一定以上離れた場合と、2 点の時刻が一定以上経過している場合などでトリップが切断され、この 2 点は同一の走行にないものとして別のトリップ番号が付与されている。これらの閾値は公表されていない。

ここでは、同一トリップ番号で 2 点以上の履歴点が存在する場合、時刻順の 2 点間の走行距離を時刻差で除することで個車平均走行速度を算定した。

様式 1-2 の緯度経度は小数点以下 5 桁、時刻は 1 秒単位¹⁶⁾と比較的粗い。1 度が約 80 km であるから小数点以下 5 桁は 0.8m となり、2 点間の距離は、真値と最大で 0.8m 程度乖離する可能性がある。一方、時刻は 1 秒が最小単位のため、時刻差の真値との乖離は最大で 1 秒となる。走行速度が 36 km/h とすれば距離にして 10m の乖離である。2 点間の距離と速度によって異なるものの、緯度経度よりも桁違いの計測誤差が生じる可能性がある。

ただし、これらの計測誤差は個車の場合であり、十分な数の個車データを平均化する場合は、影響が小さくなるため、実用上の問題はないと考えられる。

様式 1-2 は運用日毎、2 次メッシュ毎にファイル化されており、ケーススタディの対象範囲は 2 次メッシュの 533956 及び 533957 の 2 つとした。国道 6 号の東京側のメッシュ境界を開始点としたメッシュ領域内の国道 6 号下りおよび国道 464 号のノード点の距離を図 3-4 に示す。

道路の走行線上の 2 次元の緯度経度は車線を見れば、開始点からの 1 次元の距離に相互変換できる。道路管理で用いられる道路の起点からの距離標の値（以下、キロ程という。）と類似した考え方である。この相互変換を行うための各流入ノードの開始点からの距離を有するリンク列を、以下ではパスと呼ぶ。図 3-4 には国道 6 号下りのパスと国道 464 号下りのパスの 2 つがあり、リンクの流入ノードに開始点からの距離が示されている。2 つのパスの開始点は共通であり、後者は松戸

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

隧道交差点までの国道 6 号下り区間と松戸隧道交差点から成田に至る国道 464 号下り区間の東側メッシュ境界の終了点までを繋いだリンク列である。

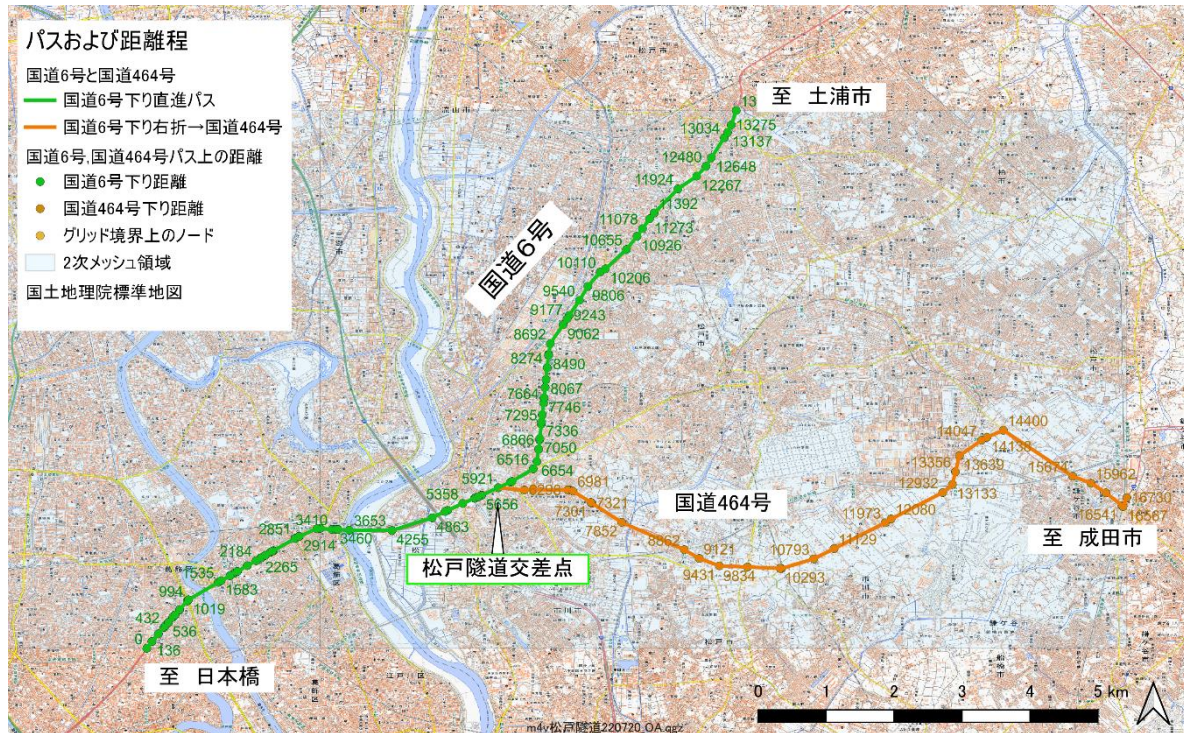


図 3-4 ケーススタディの対象範囲およびバス

キロ程は道路の中心線に対する距離で上下車線共通で位置を示し、バイパス供用などで区間が変化した場合に不連続となっている場合があり、緯度経度との相互変換が困難である。

一方、バスは道路の上り、下りで独立し、それぞれの走行線の距離をデジタル道路地図¹⁴⁾のノード、リンク、構成点をもとに連続した値として計算するため、道路の上下分離区間であっても、緯度経度との相互変換が簡単である。

なお、上りバスと下りバスの距離がなるべく同じ位置を示す方が利用上の違和感が少ないため、上りバスと下りバスの開始点（距離 0 の位置）をなるべく近いノードに取るべきである。

このため、下りバスの走行車両の位置は時間の経過とともに距離が増え、上りバスにおいては、時間の経過とともに距離が減少することになる。

2022 年 7 月 20 日の 06:00～9:00 の 3 時間の国道 6 号下りバスの一般プローブデータの個車履歴情報を取り出して描画した結果を図 3-5 に示す。

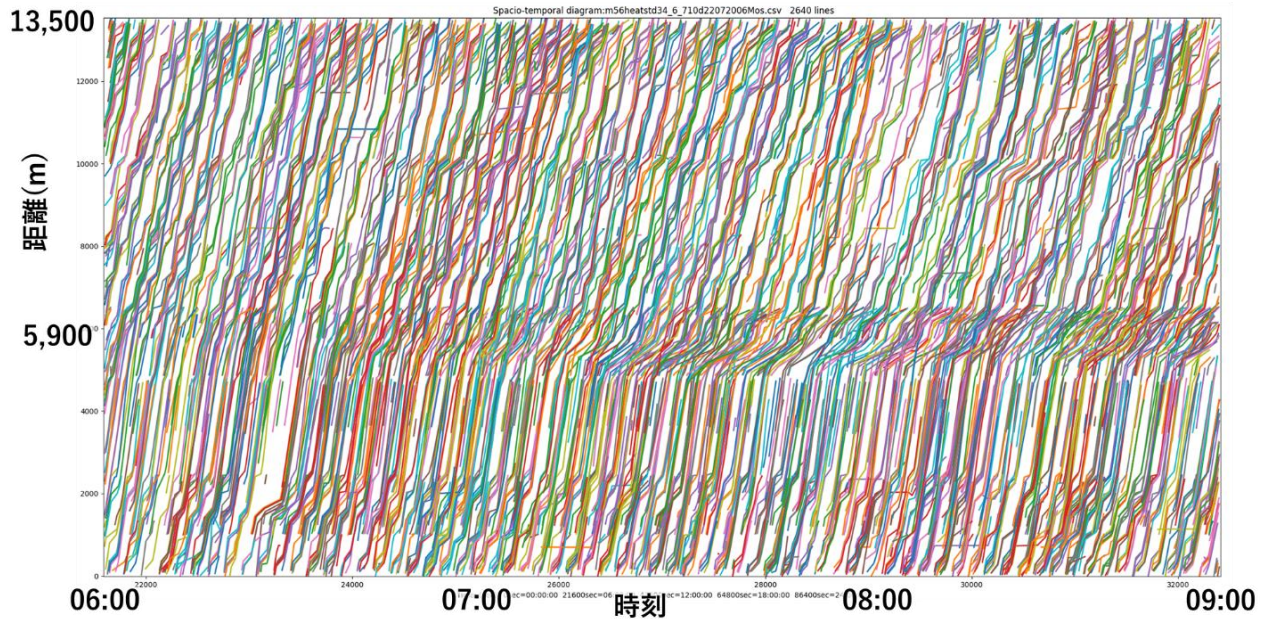


図 3-5 国道 6 号下り時空間走行図（ダイアグラム） 2022 年 7 月 20 日 06:00～9:00

縦軸を距離、横軸を時刻とした、時間—空間（時空間）における個車の走行軌跡を走行線として表示した時空間走行図であり、ここではダイアグラムと呼ぶ。個車毎の走行線はランダムに着色され、色が異なる走行線は異なる車両のものであることを示す。この例ではこの時空間において 2640 本の走行線が描かれ、走行線の傾きは距離を時間で除算するため速度となり、傾きが緩いほど走行速度が低いことを示す。なお、上りパスの場合は左上から右下に傾いた走行線となり、ダイアグラム上では速度が負数となる。

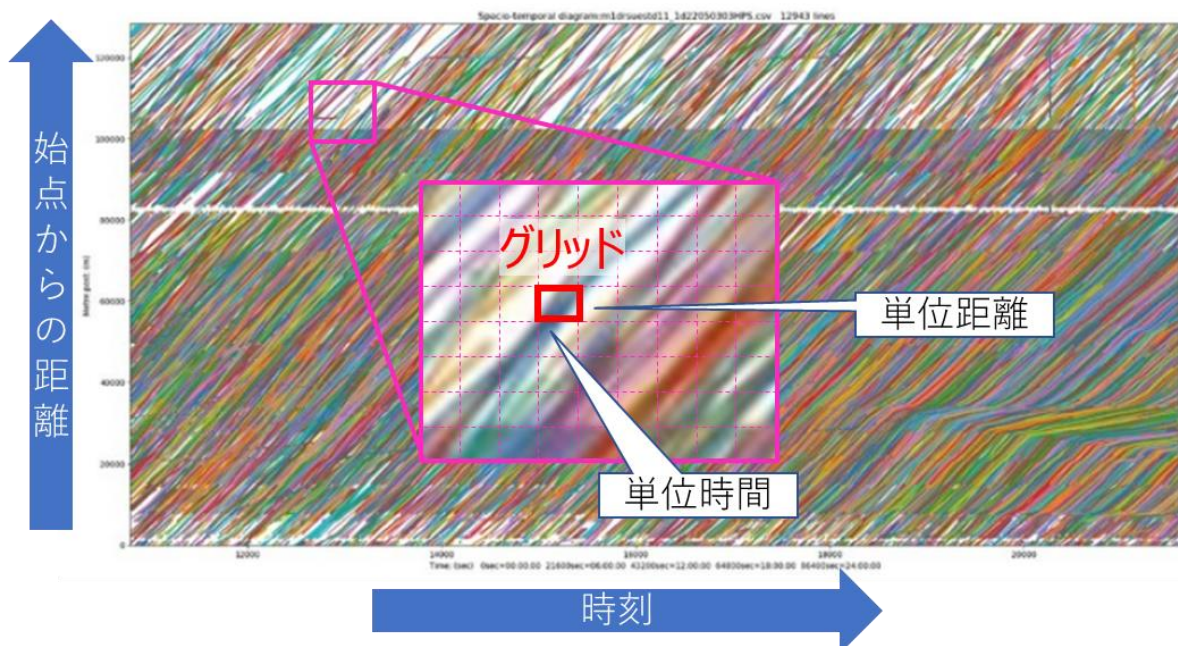


図 3-6 時空間のグリッド分割

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

個車データの異常値（3.3.5 項(2)に詳述）を見つけ出すにはダイアグラムで表示することが有効である。しかし、複数の車両全体の走行速度の変化が不明瞭となり、それ以上の特徴的な使い道は見いだせない。

ここで、ダイアグラムの時空間を図 3-6 に示すグリッドに分割すると、図 3-7 の例のように、そこを通過する複数の車両のそれぞれの速度を平均化することができる。

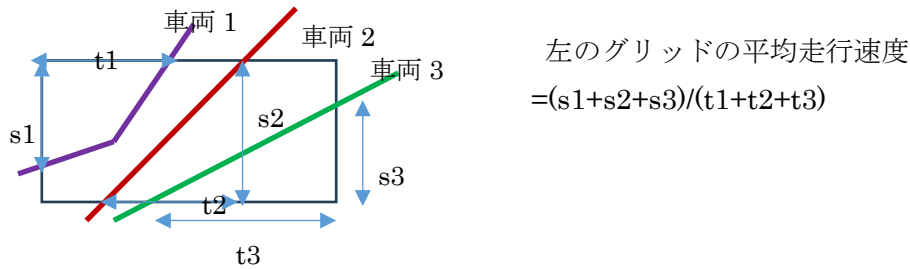


図 3-7 グリッドの平均走行速度の計算方法

グリッドは平均走行速度を計算するために必要な時空領域であり、車載器の位置取得間隔が 200m であれば単位距離を 100m より必要以上に小さくしても値の変化に乏しいグリッドが増えるだけとなり、全体の精度向上に寄与せず、データサイズの増加を招くことに留意する必要がある。

一般国道の場合は信号交差点部でのやや強い減速や方向変化などが比較的多く、こうした地点でも位置が取得され、取得間隔がかなり小さくなる区間もあると想定できるため、ここではグリッドの距離を 20m、また、信号サイクルなどの影響を緩和するため時間を 180 秒とした。

距離 13,500m 時間 24 時間の時空間は 324,000 個のグリッドに分割され、それぞれに、平均走行速度を着色描画すると、図 3-8 に示す時空間速度図となる。この図は矩形のグリッドが大きく目立つため、モザイク図と呼ばれた。最近では、描画に用いる python ライブラリの関数名などから、地図とは無関係にヒートマップと呼ばれることが多く、本研究ではこの呼称を用いる。

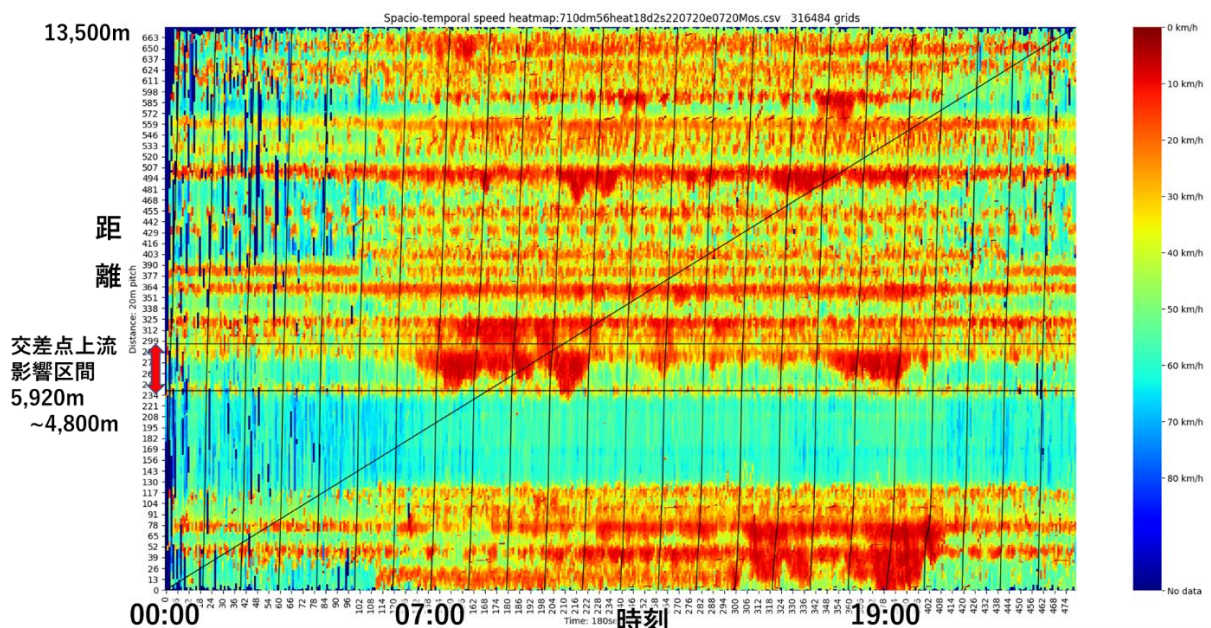


図 3-8 国道 6 号下り時空間速度図（ヒートマップ）2022 年 7 月 20 日

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

ダイヤグラムは3～4時間毎に描画しないと個車データが重なりすぎてうまく可視化できないところ、ヒートマップは図 3-8 のように1日以上を可視化でき、走行速度の変化地点や時刻も判別し易くなる。全324,000個のグリッドのうち316,484は車両が通過し平均走行速度が算定できており、欠値は少ない。色が赤くなるほど速度が低いことを示し、渋滞の発生時刻と場所を分かり易く示している。渋滞の発生から渋滞長が長くなり、ピークを過ぎると渋滞長が減少していく交通現象が、上流側に頂点を持つ三角形や半円形となって現れる。赤い三角形の面積が大きいほど渋滞の程度が酷く、1日のうちでどの時間帯、場所で生じたのかが容易にわかる。

さらに、ヒートマップを描画する際に、グリッド毎に与えられた走行速度に従って、時空間上の任意の2地点について出発時刻を与えれば走行線をシミュレートすることができる。図 3-8 では毎正時に距離0地点を出発した車両の走行軌跡をシミュレートして細い線で表示している。赤色の速度の低い部分を通過する走行線の傾きがやや緩くなり、到着時刻がその分遅延していることが目視で確認できる。

表 3-8 ヒートマップから計算した所要時間と区間平均速度

開始点 出発時刻	5,800m 到達時刻	交差点 到達時刻	終了点 到着時刻	①13.5km走行 所要時間(秒)	②影響区間内 走行時間(秒)	全区間平均 速度(km/h)	影響区間 速度(km/h)	影響区間率 ②÷① %
0:00:00	0:08:00	0:09:24	0:24:07	1,447	84	33.6	48.0	5.8%
1:00:00	1:05:40	1:07:28	1:20:42	1,242	108	39.1	37.3	8.7%
2:00:00	2:07:22	2:08:59	2:21:54	1,314	97	37.0	41.6	7.4%
3:00:00	3:06:36	3:08:21	3:20:54	1,254	105	38.7	38.4	8.4%
4:00:00	4:05:34	4:06:53	4:18:47	1,127	79	43.1	51.0	7.0%
5:00:00	5:06:37	5:08:08	5:21:37	1,297	91	37.5	44.3	7.0%
6:00:00	6:06:40	6:08:17	6:22:39	1,359	97	35.8	41.6	7.1%
7:00:00	7:08:42	7:12:23	7:30:32	1,832	221	26.5	18.2	12.1%
8:00:00	8:08:10	8:13:08	8:34:32	2,073	298	23.4	13.5	14.4%
9:00:00	9:08:00	9:11:51	9:31:59	1,919	231	25.3	17.5	12.0%
10:00:00	10:08:30	10:12:50	10:33:02	1,982	260	24.5	15.5	13.1%
11:00:00	11:08:55	11:11:36	11:33:15	1,995	161	24.4	25.0	8.1%
12:00:00	12:09:33	12:11:09	12:31:12	1,872	96	26.0	42.0	5.1%
13:00:00	13:08:52	13:11:42	13:30:39	1,839	170	26.4	23.7	9.2%
14:00:00	14:10:25	14:12:15	14:31:57	1,917	110	25.4	36.7	5.7%
15:00:00	15:11:27	15:13:21	15:30:46	1,846	114	26.3	35.4	6.2%
16:00:00	16:12:45	16:15:15	16:36:58	2,218	150	21.9	26.9	6.8%
17:00:00	17:08:52	17:11:02	17:32:33	1,953	130	24.9	31.0	6.7%
18:00:00	18:11:11	18:15:56	18:32:51	1,971	285	24.7	14.1	14.5%
19:00:00	19:15:23	19:22:51	19:42:42	2,562	448	19.0	9.0	17.5%
20:00:00	20:13:29	20:15:08	20:31:04	1,864	99	26.1	40.7	5.3%
21:00:00	21:08:41	21:10:39	21:25:36	1,536	118	31.6	34.2	7.7%
22:00:00	22:06:37	22:08:05	22:21:07	1,267	88	38.4	45.8	6.9%
23:00:00	23:06:06	23:07:32	23:20:10	1,210	86	40.2	46.9	7.1%
00:00:00~23:00:00 平均速度						28.5	26.0	9.1%

毎正時発の 24 本の走行線それぞれについて、

- ① 5.8km地点 (交差点上流側地点)
- ② 5.9km 地点 (松戸隧道交差点中心)
- ③ 13.5km 地点 (ヒートマップの終了点)

に到達した時刻を得ることができ、これらの差をとることで次の所要時間を得る。

- ④ 13.5km 全区間走行の所要時間
- ⑤ 1.1km の影響区間走行の所要時間 (右折専用レーンの効果が想定される区間)
(さらに区間長を所要時間で割って区間毎の平均速度)

これらの算出結果を表 3-8 に示す。この表から、次の有用な参考情報も得ることができる。

04:00:00 出発の所要時間が最短で 18 分 47 秒 (全区間速度 43 km/h)

19:00:00 出発の所要時間が最長で 42 分 42 秒 (全区間速度 19km/h)

一日の平均速度 28.5km/h (24 速度の単純調和平均)

3.3.4. 事業効果計測用の配信サービス

前項では 1 日分のヒートマップを取り上げ、平均走行速度や 2 地点の所要時間の情報を簡単に得ることができることを示した。本項ではさらに右折専用レーン供用前後の交通分析に利用することを想定した場合に、一般プローブデータの要約と配信サービスの可能性を示す。

右折専用レーン供用前後を含む 3 日分のヒートマップを図 3-9 に示す。ヒートマップによる可視化は前項で述べたように非常に効率が良く、3 日程度であれば 1 枚の図として速度低下の状況を可視化することができる。

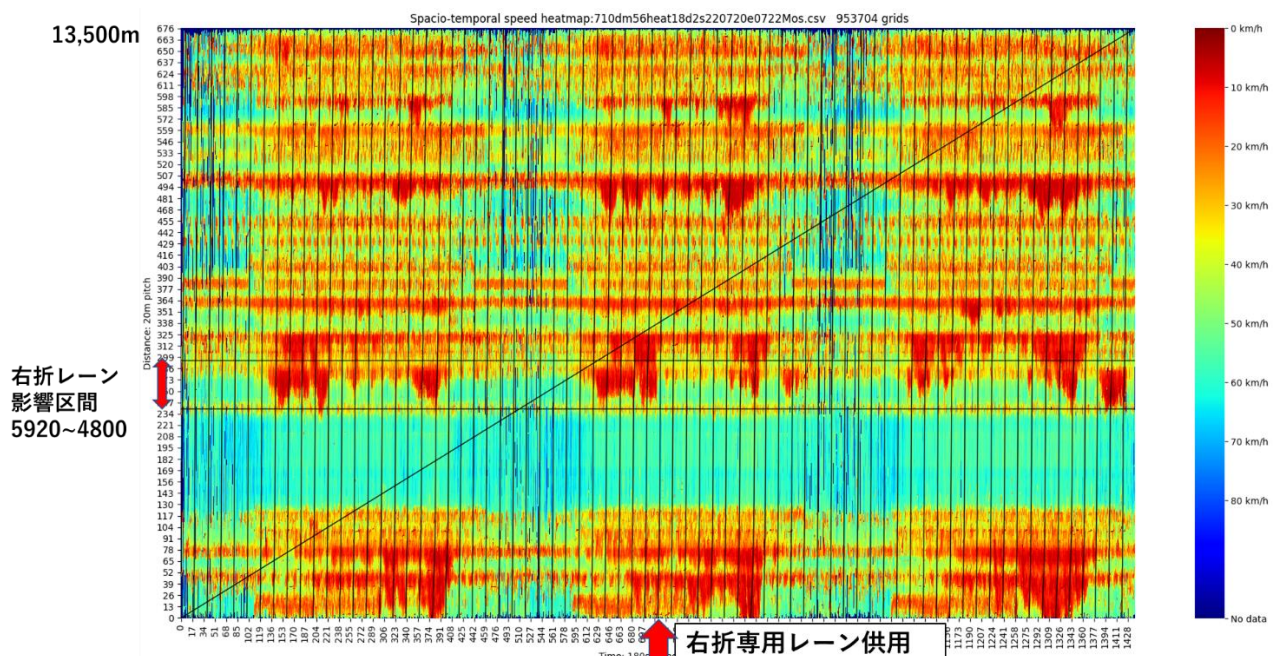


図 3-9 右折専用レーン供用前後の走行速度の状況

ヒートマップの左半分が供用前、右半分が供用後であり、供用翌日の朝方の渋滞がやや小さくなっていることがわかる。それぞれの上流側の渋滞が同程度あるため流入交通量に大きな変化がなく、右折専用レーンの効果が視覚化されたものと考えられる。

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

天候、交通事故発生など全体の交通状況が変化し、平日と休日では交通状況が異なるなど、3日程度の短期間の比較でなく、やや長い期間のデータ比較のニーズがあると考えられる。

そこで、表 3-8 の計算手法によって得られる 1 日の平均走行速度について右折専用レーン供用前後 2 週間程度の変化を調べる。全区間の平均走行速度と右折専用レーンの影響を受ける区間の平均走行速度を算定する。この際、影響区間として交差点部からのノードを変化させて 150～800m の 4 つの区間長での平均速度の計算を行ない、感度分析を合わせて行うといった分析を想定し、表 3-9 にその計算結果をまとめた。

前後 2 週間、合計 4 週間のヒートマップを 1 枚で可視化することは難しく、1 日のヒートマップを 28 枚、もしくは 2 日間のヒートマップ 14 枚として可視化する必要がある。

表 3-9 右折専用レーン供用の 2 週間比較

右折専用レーン供用前	全区間	150m区間	350m区間	550m区間	800m区間	右折専用レーン供用後	全区間	150m区間	350m区間	550m区間	800m区間
2022/7/7 (木)	26.4	22.8	21.3	22.2	24.8	2022/7/21 (木)	28.5	25.8	22.5	22.7	25.1
2022/7/8 (金)	24.3	24.0	21.0	21.0	22.2	2022/7/22 (金)	27.4	25.7	21.4	22.1	23.7
2022/7/9 (土)	26.2	23.8	22.6	24.4	27.1	2022/7/23 (土)	27.7	29.2	27.7	30.3	34.6
2022/7/10 (日)	31.2	29.9	27.9	30.6	35.3	2022/7/24 (日)	33.8	33.7	34.9	39.6	43.9
2022/7/11 (月)	26.3	26.8	24.0	24.3	27.0	2022/7/25 (月)	27.8	25.4	25.7	27.8	31.2
2022/7/12 (火)	27.0	23.6	19.7	19.3	20.3	2022/7/26 (火)	27.8	31.8	29.8	33.2	37.1
2022/7/13 (水)	25.6	26.1	22.5	22.1	22.2	2022/7/27 (水)	27.6	25.6	23.1	22.6	24.4
2022/7/14 (木)	25.8	24.4	21.2	21.7	24.1	2022/7/28 (木)	28.0	25.5	25.7	28.3	31.3
2022/7/15 (金)	26.2	24.2	21.1	21.3	22.0	2022/7/29 (金)	25.9	18.0	18.1	17.8	20.4
2022/7/16 (土)	24.4	25.4	22.4	23.1	25.4	2022/7/30 (土)	27.7	26.6	26.0	28.0	31.8
2022/7/17 (日)	31.1	27.6	25.7	27.6	31.8	2022/7/31 (日)	32.7	37.6	35.4	39.3	43.4
2022/7/18 (月)	31.8	28.4	29.0	33.5	38.4	2022/8/1 (月)	28.5	28.6	26.6	27.7	30.7
2022/7/19 (火)	28.6	27.0	23.2	23.0	25.7	2022/8/2 (火)	28.5	26.3	27.1	30.0	33.8
2022/7/20 (水)	28.5	24.8	21.9	22.2	24.3	2022/8/3 (水)	29.1	24.5	26.1	29.1	32.3
供用前平均km/h①	27.2	25.5	22.8	23.5	25.7	供用後平均km/h②	28.5	26.7	25.7	27.2	30.3
						速度増加③＝②－①	1.4	1.2	2.8	3.7	4.6
						増加率④＝③÷①	5.0%	4.8%	12.4%	15.8%	18.1%

表 3-9 で 150m 区間とした場合の平均走行速度の増加率は、全区間の速度増加率よりやや少なくなり、区間長を長くするほど増加率が大きくなる結果となった。これは図 3-9 から渋滞長の最大の長さが 1km 強あり、短くするほど渋滞となっている時間帯の変化が捕捉できなるためと考えられる。この例から影響区間は与件とするのではなく、ヒートマップの赤い部分の距離方向の長さを見て定めるべきで、図 3-9 の左側に示すノード間が適当であると考えられる。

次に、これよりも長い期間の計測が必要となる、所要時間信頼性の分析を行うことを試みる。

所要時間信頼性の計算には、各時間帯に対して平均走行速度から算定される平均所要時間だけでなく、90 パーセンタイル所要時間を計算する必要がある¹⁷⁾。90 パーセンタイル所要時間はこの所要時間を想定して出発すれば 10 回に 1 回の遅刻に留めることができ、運転行動において出発前に見積もる余裕を持った所要時間と言える。

90 パーセンタイル所要時間から平均所要時間を減じたバッファタイム (BT) が必要な余裕時間を示し、これを平均所要時間で除して無次元化した値がバッファタイムインデックス (BTI) である。バッファタイムやバッファタイムインデックスが小さいほど所要時間信頼性が高いと評価される。

所要時間信頼性が低い場合はそれだけ余裕時間が必要となり、搬入先の指定時刻までの路上駐車による時間待ちが長くなるなど交通障害の原因にもなり得る。

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

ここでは、6月1日から8月31日までの平日のみのヒートマップの毎正時発24本／日の走行ラインから全区間走行（0mからの13,500mまで）の平均所要時間およびバッファタイムを算出し、出発時刻による所要時間信頼性の変化を分析した。供用前は6月1日～7月20日の土日祝日除きの35日間、供用後は7月21日～8月31日の土日祝日除きの29日間の一般プローブデータを用いてヒートマップの描画を行い、計算した結果を表3-10を示す。

こうした長期間の走行速度の計測を実車走行やCCTV画像解析などの方法で行うことは膨大な費用と時間が必要となるため一般には実施できないと考えられる。

しかし、一般プローブデータを用いることで人的作業の増加を伴わない同一処理の反復計算によって、長期間の所要時間計測ができることが示された。

表 3-10 右折専用レーン供用前後の所要時間信頼性

出発時刻	右折専用レーン供用前 (6月1日～7月20日、土日祝日除き、35日)				右折専用レーン供用後 (7月21日～8月31日、土日祝日除き、29日)				右折専用レーン供用前後の 所要時間、BT、BTIの変化		
	所要時間		バッファタイム		所要時間		バッファタイム		所要時間	バッファタイム	
	平均 ①(分:秒)	90パーセン タイル値 ②(分:秒)	BT ③=②-① (秒)	BTI インデックス ④=③/①	平均 ⑤(分:秒)	90パーセン タイル値 ⑥(分:秒)	BT ⑦=⑥-⑤ (秒)	BTI インデックス ⑧=⑦/⑤	平均値 短縮 (①-⑤)秒	BTの短縮 (③-⑦)秒	BTIの減少 ④-⑧
0:00:00	23:54	27:03	189	0.132	22:39	26:28	229	0.168	74	-40	-0.037
1:00:00	20:40	22:16	96	0.077	20:24	22:38	134	0.109	16	-38	-0.032
2:00:00	20:17	21:47	90	0.074	20:21	21:39	79	0.064	-3	11	0.009
3:00:00	20:43	22:02	78	0.063	20:13	21:51	98	0.080	30	-19	-0.018
4:00:00	20:30	22:22	112	0.091	20:17	21:26	69	0.057	13	43	0.035
5:00:00	20:21	21:19	58	0.048	20:18	21:21	63	0.052	3	-5	-0.004
6:00:00	23:51	25:18	87	0.061	22:59	24:12	73	0.053	52	14	0.008
7:00:00	29:50	33:21	211	0.118	26:47	28:57	130	0.081	183	81	0.037
8:00:00	33:37	37:56	259	0.128	30:04	34:20	256	0.142	213	2	-0.014
9:00:00	31:29	37:46	377	0.200	29:16	31:39	143	0.081	133	234	0.118
10:00:00	37:28	42:45	317	0.141	32:06	37:03	297	0.154	322	20	-0.013
11:00:00	36:46	40:34	228	0.103	32:43	36:03	199	0.101	243	28	0.002
12:00:00	34:07	39:09	303	0.148	34:32	38:51	259	0.125	-25	44	0.023
13:00:00	31:30	34:44	194	0.103	31:19	34:43	204	0.108	11	-10	-0.006
14:00:00	31:02	34:35	213	0.115	31:40	34:46	186	0.098	-39	28	0.017
15:00:00	33:00	37:33	274	0.138	32:14	36:33	259	0.134	46	15	0.005
16:00:00	36:11	40:05	233	0.107	35:07	40:05	298	0.142	65	-65	-0.034
17:00:00	40:06	46:58	412	0.171	37:46	42:28	282	0.125	140	129	0.047
18:00:00	41:03	46:58	355	0.144	42:52	49:09	377	0.147	-109	-23	-0.003
19:00:00	40:30	43:46	196	0.081	42:04	47:39	334	0.132	-95	-138	-0.052
20:00:00	31:22	38:30	428	0.227	33:35	41:13	458	0.227	-133	-30	0.000
21:00:00	25:22	26:32	69	0.046	25:07	27:44	156	0.104	15	-87	-0.058
22:00:00	24:45	29:15	269	0.181	25:27	28:00	153	0.100	-42	117	0.081
23:00:00	21:56	23:25	88	0.067	22:26	24:29	123	0.091	-30	-34	-0.024
(平均)	29:36	33:10	214	0.121	28:51	32:13	202	0.117	45	12	0.004

平均所要時間に関しては24の時間帯のうち減少したものの16、逆に増加したものの8となり、青字で示す2分以上の減少が6、逆に赤字で示す2分以上の増加が1となり、24時間帯平均としては45秒の減少となった。特に午前中の混雑時間帯における効果がより明瞭であった。

バッファタイムについては減少した時間帯が13のうち2分以上が2、増加した時間帯が11のうち2分以上が1となった。24時間帯平均としては12秒の減少となり、やや所要時間信頼性が向上した結果となった。

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

所要時間信頼性については、出発後に発生した交通事故や天候の急変など、出発前に認識され得ない事象は除外せずに算定する一方で、今回の計算で平日のみに場合分けしたように、出発時に悪天候、交通事故、渋滞状況など所要時間への影響要因を認識したのであれば、場合分けして計算すべきであると考えられる。

この場合分けに対応するためにはさらに多くのヒートマップの要約データを計算し、既知の情報による所要時間への影響の知見を高めておく必要がある。この場合分けによってバッファタイムインデックスが十分に小さくなった場合、その時間帯における影響要因を踏まえた所要時間予測が統計的に行えるものと考えられる。

次にケーススタディにおけるヒートマップのデータ処理と配信イメージを図 3-10 に示す。

図表は最終的にはパワーポイントスライドとして仕上げるまでとした。

GIS に表示する場合やデータ処理を確実にを行うため、一般プローブデータをマップマッチングする際に用いられたデジタル道路地図データおよびパスを短時間で生成するため様式 2-4 を用いた。

しかし、これらは配信データを作成するだけであれば必須というわけではないため、元データは一般プローブデータのうち様式 1-2（無加工の Zip ファイル）となる。

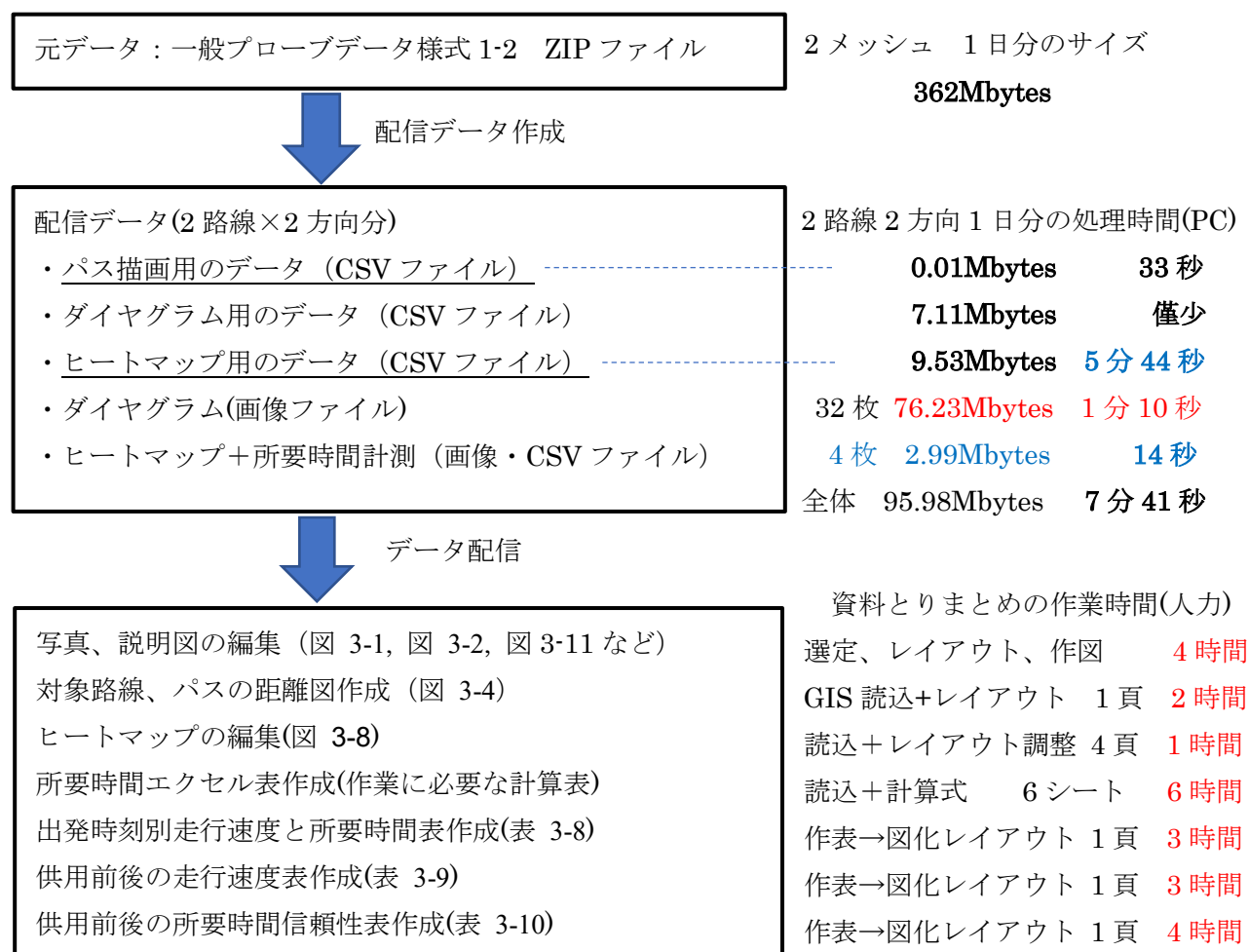


図 3-10 ヒートマップのデータ処理の流れと処理時間

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

元データを無加工でそのまま配信した場合、図 3-10 に記載された処理時間、作業時間はすべて受信側で発生することになる。所要時間信頼性の検討に用いた 64 日分の元データの合計ファイルサイズは 23Gbytes となり、通常のインターネット回線では数分程度の時間では配信できない。

ヒートマップの加工に必要な PC（計算機）、基本ソフトウェア、および必要な計算プログラムなどを全て受信側が保有している場合は 1 日分 2 路線 2 方向のヒートマップ 4 枚を作成するための要約データを 7 分 41 秒で得ることができる。平均走行速度の計測に直接使用しないダイヤグラムを省略すると 1 分 10 秒だけ短縮し、6 分 31 秒となる。

ここで、ヒートマップ用のデータを得る処理は、配信データをデータベースに読み込み加工するため、容量が大きく高速の作業ディスクや十分なメモリ空間が必要となるため、一般事務用の PC では処理困難といえる。

一方で、ヒートマップを描画し、所要時間を計測する処理は一般の事務処理用の PC でも数 10 秒程度で処理できるため、処理の自由度がある受信側の処理に回すべきと考えられる。

これらから、配信データとしては下線を付したパス描画用データおよびヒートマップ用データの 2 種類となる。これら 2 つのデータのサイズは 9.54Mbyte と、元データの 2.6% にまで減少し、通常のインターネット回線でも数 10 秒程度で配信できる。

また、5 分 44 秒もの比較的長い処理時間を回避できることから、このデータの要約により式 3-1 の受信・処理コストを非常に小さくすることができ、平均走行速度に関する受信側の支払い意思額によっては、一般プローブデータの価値の向上に寄与することになる。

以上から、平均走行速度の情報を求める場合、無加工の一般プローブデータを配信サービスの対象とする際はデータ容量が大きいなどの課題があるが、ヒートマップ用の要約データを対象とする際は、配信サービスの対象となる可能性が高いと結論づけられる。

なお、図 3-10 のデータ配信を受けてから後の作業は全て人的作業であり、かなりの時間を必要とする結果となった。これは、3.3.1. 後段の人的作業は配信サービスの対象外とする考え方にある程度の妥当性を与えるものである。

本項の最後に、同じ道路事業について、次の仮説を検証するケーススタディを実施し、平均走行速度以外の情報について配信サービスの適否を検証する。

（仮説） 右折専用レーンの供用によって交通が円滑化することにより、無理な車線変更で割り込まれる車両のブレーキ回数が減少するなど、上流側の区間のブレーキ回数は減少する。ただし、走行速度が改善するため信号停止の際のブレーキは強くなる可能性がある。

右折専用レーン設置区間のブレーキ回数の情報についてデータの要約を行う。

図 3-8 のヒートマップと同じパス、同じ時空間で様式 1-4 の急減速位置および加速度を表示した結果を図 3-11 に示す。一般的な名称がないため、本稿では、この図をブレーキマップと呼ぶ。

ヒートマップと比較すると、渋滞箇所とブレーキ数の多い時空間がよく一致しているように見えることが興味深い。これは、信号交差点で交通容量が低下し、走行速度が低下する一方、信号停止の際のやや強いブレーキが発生しやすいことを示していると考えられる。この場合、加速度が -0.3m/s^2 から -0.25m/s^2 のブレーキ強度は頻繁に発生するため、ブレーキ地点の数が事故発生の危険度と相関があると考えるのは拙速である。同じように、事故発生の危険度については、赤色のブレ

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

一キ地点が関係する可能性があるものの、直前の走行速度、ブレーキ時間、制動後速度などを考慮する必要があり、ブレーキマップから統計的に有為な値として計測することはできない。

ブレーキマップで興味深いのは、同一の時刻、すなわち縦に並ぶ点群であり、これは前車がブレーキを踏んだ際に後続する車両が次々とブレーキを踏んだとも考えられ、車間距離が不十分な追従を行っている可能性がある。この場合に色が赤い点を含む場合は追突回避の急ブレーキの可能性があり得る。

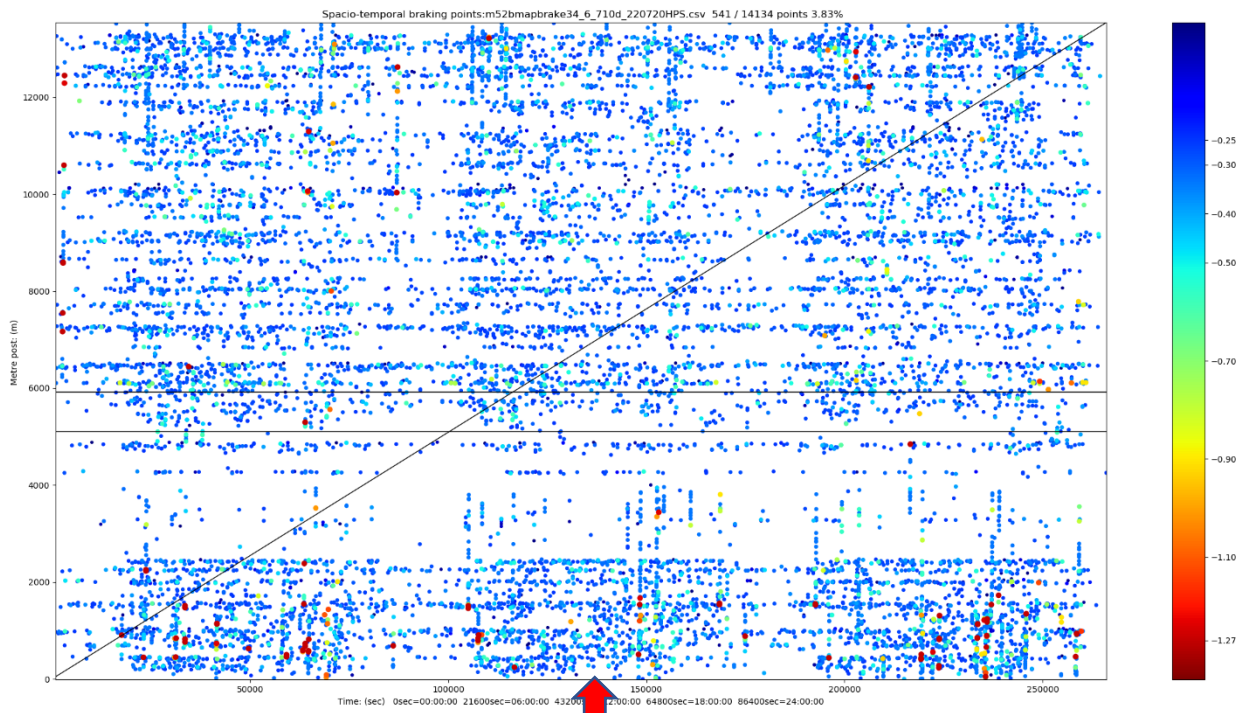


図 3-11 国道 6 号下りブレーキマップ 2022 年 7 月 20～22 日

供用前として 2022 年 5 月 21 日から 7 月 20 日までの 61 日間、供用後として 7 月 21 日から 9 月 19 日までの 61 日間のブレーキマップ描画の要約データから得たブレーキ回数を表 3-11 に示す。

表 3-11 右折専用レーン供用前後のブレーキ回数

	供用前22/5/21～22/7/20		供用後22/7/21～22/9/19		回数増減	増減率	全区間に占める割合の増減
	全ブレーキ回数	全区間に占める割合	全ブレーキ回数	全区間に占める割合			
全区間:13,500m	267,999	100.0%	270,915	100.0%	2,916	1.088%	0.0000%
交差点上流172m区間	2,126	0.793%	2,468	0.911%	342	16.087%	0.118%
交差点上流364m区間	5,968	2.227%	6,258	2.310%	290	4.859%	0.083%
交差点上流565m区間	8,262	3.083%	7,754	2.862%	-508	-6.149%	-0.221%
交差点上流809m区間	9,447	3.525%	8,487	3.133%	-960	-10.162%	-0.392%

	供用前22/5/21～22/7/20			供用後22/7/21～22/9/19			-0.4G以下の強いブレーキ	
	ブレーキ強 a<=-0.4G	ブレーキ全 a<=-0.25G	強いブレーキの割合	ブレーキ強 a<=-0.4G	ブレーキ全 a<=-0.25G	強いブレーキの割合	回数増減	割合増減
全区間:13,500m	41,566	267,999	15.5%	42,034	270,915	15.5%	468	+0.006%
交差点上流172m区間	175	2,126	8.2%	221	2,468	8.9%	46	0.651%
交差点上流364m区間	650	5,968	10.9%	650	6,258	10.4%	0	-0.505%
交差点上流565m区間	984	8,262	11.9%	826	7,754	10.7%	-158	-1.257%
交差点上流809m区間	1,180	9,447	12.5%	934	8,487	11.0%	-246	-1.486%

交通状況全体の傾向が供用前後で異なることから回数についても、全区間に対する当該区間の割合として無次元化して時期による変動を打ち消すことが有効である。同様に、ブレーキの強弱の割合でも無次元化した。割合の変化を見ると、区間長を長くとするほど割合が改善傾向にある。これは表 3-9 の結果に酷似しており、同様の考察が可能である。

ブレーキマップからはヒートマップとかなり似た傾向を示す結果を得られた。これは、処理コストが格段に低いブレーキマップの利活用の検討の余地を残すものとする。

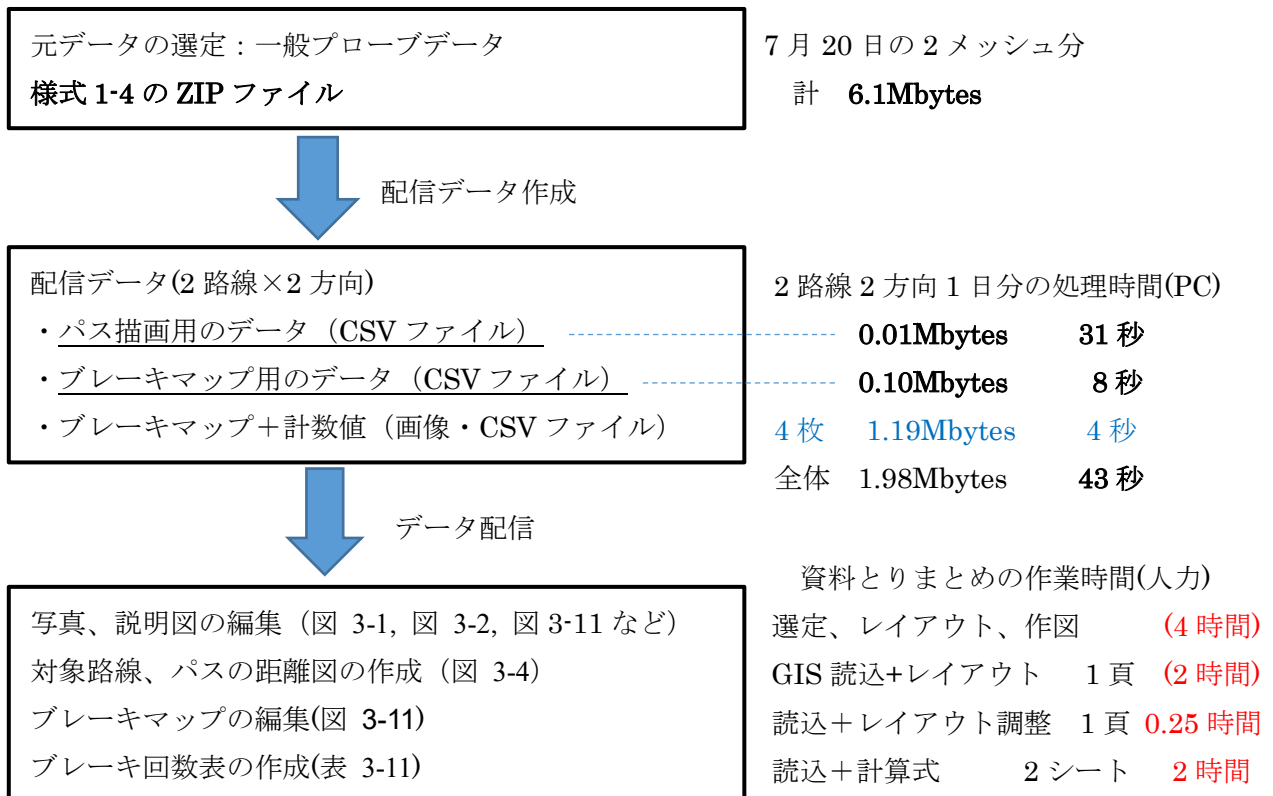


図 3-12 ブレーキマップのデータ処理の流れと処理時間

ヒートマップの場合の図 3-10 と同様に、ブレーキマップのデータ処理と配信イメージを図 3-12 に示す。ここでも、図表は最終的にはパワーポイントスライドとして仕上げるまでとした。ヒートマップの処理において作成する同一の資料はその結果を流用した。

元データは一般プローブデータのうち様式 1-4（無加工の Zip ファイル）となる。配信の対象となる要約データは下線を付したパス描画用のデータとブレーキマップ用のデータで、これらの 1 日あたりのサイズは 0.11Mbyte と元データのサイズ 6.1Mbyte の 1.8%に過ぎない。

ヒートマップの場合の平均処理などの重い処理は必要なく、対象範囲の個車データと、その属性を抽出する軽い処理であり、一般事務用の PC でも十分に処理ができると考えられる。

表 3-11 に示すブレーキ回数の情報を得るために用いた 122 日分の元データの合計ファイルサイズは 770Mbyte とヒートマップの際に必要な規模と比較して桁違いに小さく、通常のインターネット通信の下でも数分以内に配信が可能である。これらの結果から、ブレーキマップ用のデータは式 3-1 の受信・処理コストの低減にそれほど寄与しないと考えられる。

以上から、ブレーキマップの場合は、パス描画用のデータは一般の利用者に分かりやすく、かつデータ容量も小さいため配信サービスの対象となる可能性が高いと考えられる。

3.3.5. ヒートマップ処理の一般化

ここでは前項で扱った小規模なヒートマップ処理について多路線、長距離の場合の適用可能性を確認しつつ、一般化する。なお、マップマッチング済みの ETC2.0 履歴点データが十分な数だけ存在することと、処理において長時間の人的作業時間が必要とならないことを前提とする。

ヒートマップの一般化された（汎用性の高い）作成手順は次のようになった。

(1) パスの作成

パスは、図 3-13 に示すような開始点から終了点までの分岐合流のない道路区間に対して、一般プローブデータの様式 2-4 などでは使われている DRM リンクを順に結合した 1 本のリンク列として作成される。

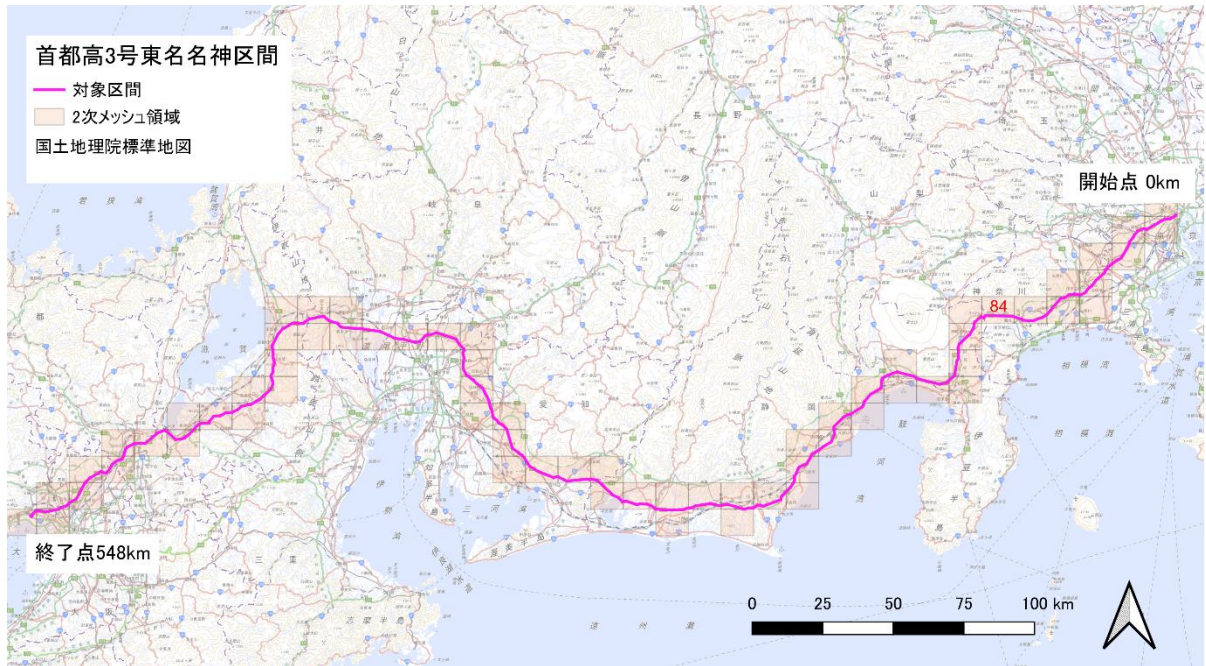


図 3-13 首都高速 3 号線～東名高速～名神高速 位置図

ETC2.0 で使用されている DRM リンクは、実際は DRM リンクが幾つか結合したベクターグループの開始と終了を示す粗いリンクであり、拡大すると図 3-14 のように道路線形と乖離が目立つ。なお、マップマッチングされた後の緯度経度点を多数プロットすると、図 3-14 と同様に、DRM 構成点列で描かれる曲線上に集まる。よって、様式 1-2 の流入ノードからの距離は、道路形状を表現する DRM 構成点列を用いて計測した値であると推定できる。

2 次メッシュをまたがることなく、2 次メッシュ毎に完結したリンクのため、2 次メッシュの境界上に必ずノード点が発生する。本来の DRM リンクと区別するため、以後は ETC2.0 リンクと呼ぶ。

パスは開始点からの距離を保持し、緯度経度で表現された個車の位置をパス上の距離と相互変換できれば足るので、道路線形との乖離は、ヒートマップの処理上は問題にならない。

またパスは ETC2.0 リンクの集合であり、これが属する 2 次メッシュを限定し、ヒートマップの対象となる様式 1-2 の履歴点を抽出するためにも用いられる。

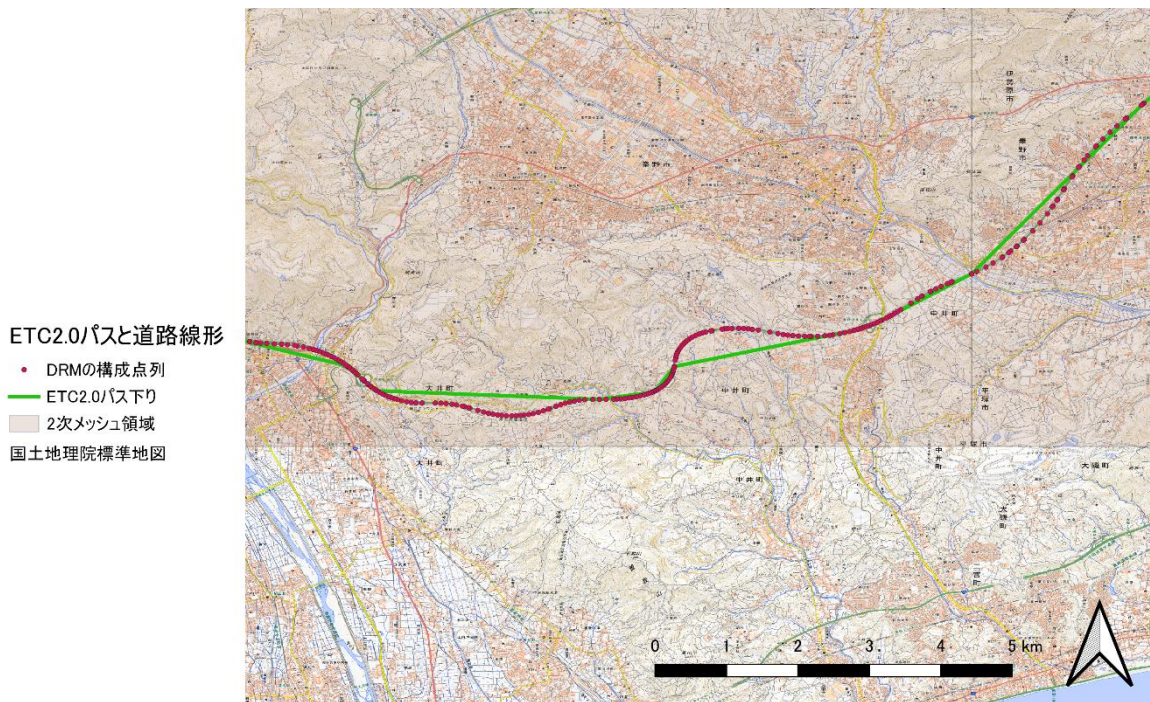


図 3-14 ETC2.0 リンクで作成したパスと道路線形とのずれ

様式 2-4 の ETC2.0 リンクの流入ノード、流出ノード、リンク長を用いて順にリンク長を累積しつつ流入ノードの距離とすればパスが得られる。

本研究においては手作業を極力回避することを基本とし、一般性、汎用性を持たせるため、高速道路および一般国道からなる 200 km 超の長い道路区間で適用可能な方法として次の手順を提案する。

- ① 対象の道路種別、路線番号、管理者に合致する ETC2.0 リンクを様式 2-4 から抽出。
- ② 抽出されたレコードの流入ノードおよび流出ノードに緯度経度座標を付加する。
- ③ 対象区間の上り下り別に開始点と終了点の 2 次メッシュコード+ノード番号を設定。
- ④ ダイクストラ(Dijkstra)法¹⁸⁾を用いた最短経路探索を行う。
- ⑤ パスを GIS に表示させて、開始点から終了点まで正しく結合しているかを目視確認する。

(補足)

①の路線番号は DRM で定義された路線番号であり、高速道路の場合は GIS に表示させて調べるのが現実的である。一般国道では重用区間で上位の路線番号になるケースもあり、GIS や Web 地図などを用いた手作業か経路探索によって全ての路線番号を拾い上げる必要がある。

②では DRM のコネクターデータからノードの緯度経度を得るか、様式 1-2 のマップマッチング済みの個車の緯度経度のうち、流入点からの距離が 0 のもの（流入ノード）、およびリンク長と同じもの（流出ノード）を用いる。

②、③で、ノード番号は 2 次メッシュコードと組み合わせて、全区間でユニークな番号にする。この時、2 次メッシュ境界上では、同じ緯度経度で 2 つの番号を持つノードが発生する。これは次の最短経路探索のため、距離が 0 のダミーリンクとして①に追加する必要がある。

④で、対象区間が短い場合は、緯度経度を用いて GIS 表示すれば人力作業でパスを作成するこ

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

ともできる。しかし、インターチェンジ、ジャンクション、交差点部などでリンクが複雑になるため、数 10km を超えるような長いパスの人力作業は現実的ではない。

ダイクストラ(Dijkstra)法による経路探索は、①で経路が限定されているため、数 100 キロメートルを超える場合でも数秒以内に終了することから、一般的な手法として提案できる。一般化交通費用としては、日平均のリンク旅行時間などが考えられるものの、簡便性や安定性から、単に区間長とする方が好ましいと考えられる。ただし、区間長が短い同じ管理者・路線番号の旧道を除外したい場合などは、手作業で該当リンクの区間長を大きくするなどの処理が必要となる。

正しく③が設定され、経路探索が失敗する場合は、①で抽出した ETC2.0 リンクに不足があることが非常に多かった。GIS で拡大表示し、開始点から終了点まで ETC2.0 リンクが抜け目なく連続しているか確認すると、交差点のリンクだけが重用によって上位の路線番号になっている場合や ETC2.0 リンク自体が欠損している場合もあった。

上記は、様式 2-4 の対象道路、つまり一般都道府県道以上でないと適用できない。一方、様式 1-2 は DRM の基本道路²²⁾である 5.5m の市町村道もマップマッチングされており、ここから ETC2.0 リンクを求める方法がある。ただし、DRM の市町村道リンクには路線番号が付加されていないため、①の処理を効率的に行うことができず、GIS 描画を用いた人手による作業が増加する。都市間高速バス路線や市バス路線などを対象にパスを作成する場合にはこの問題が生じるものの、市町村道の占める距離が比較的短く、④の範囲を適切に限定できる場合は、経路探索に長時間を要することなく、配信サービスの対象としても大きな問題にはならないと考えられる。

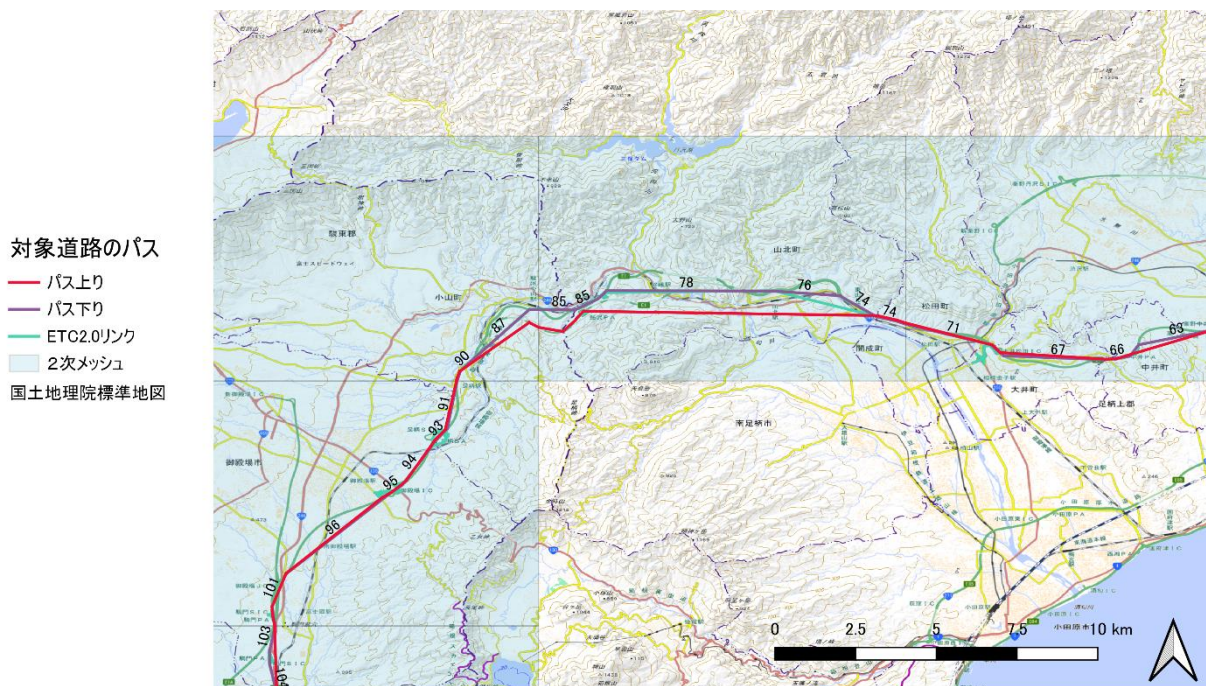


図 3-15 東名高速下り 2 ルート区間のバス

GIS ソフトで拡大表示すると図 3-15 のように上りバスと下りバスを構成するリンクを受信側で簡単に確認することができる。このように配信を受けた側で確認するためには、パスの配信データは GIS で読み込める形式が望ましい。

(2) ダイアグラム用のデータ作成

履歴情報（様式 1-2）には個車の流入ノードからの距離が 1 m 単位で取得されている。これに (1) のパスから得られる流入ノードの開始点からの距離を加えると、個車の開始点からの距離に変換することができる。

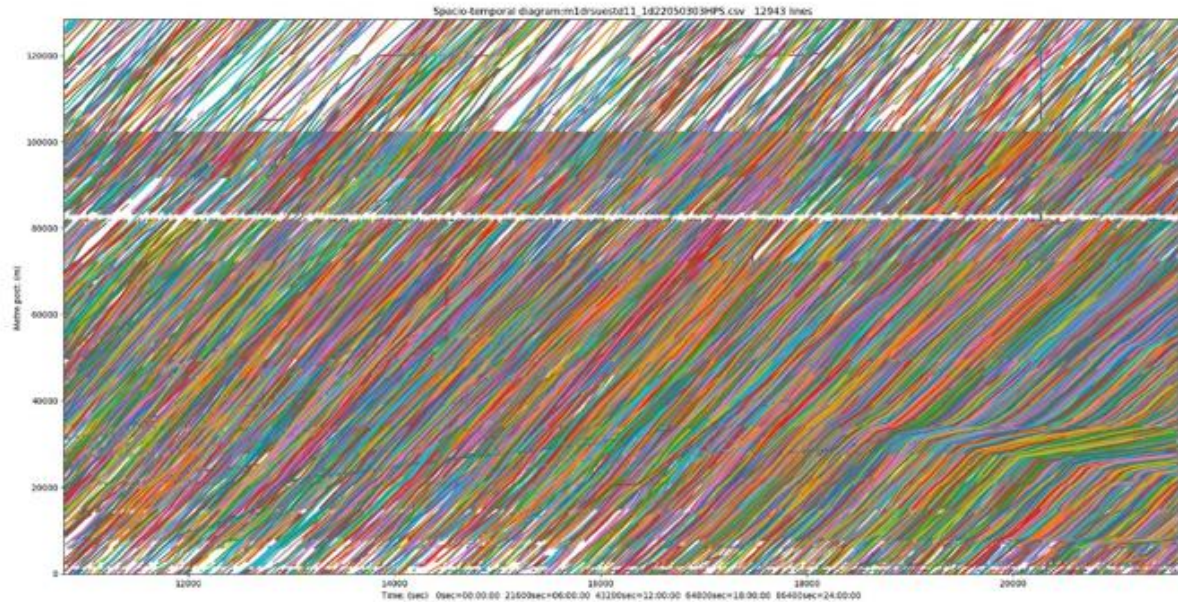


図 3-16 東名高速下りダイアグラム：首都高速 3 号線～沼津市 2022 年 5 月 3 日 03:00～06:00

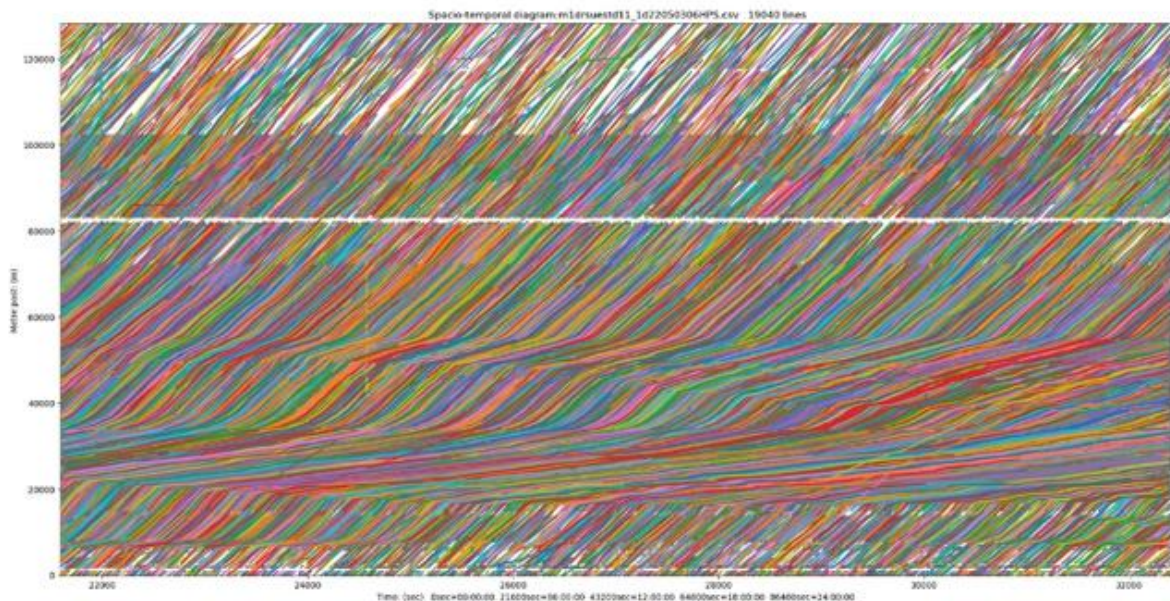


図 3-17 東名高速下りダイアグラム：首都高速 3 号線～沼津市 2022 年 5 月 3 日 06:00～09:00

個車の開始点からの距離を縦軸に、時刻を横軸にとって、時刻順にプロットし、同一トリップ番号の 2 点を結んだ線を同色で描画するとダイアグラムが得られる。このダイアグラム用データの作成やダイアグラムの画像ファイル作成には人的作業をほとんど要しない。

ここで図 3-13 の長距離をそのまま縦軸とすると走行線の傾きが判読できなくなる。ダイアグラムは図 3-16、図 3-17 に示すように最大でも 100 km 程度、3 時間程度の範囲で描画すべきである。

図 3-16 および図 3-17 は、開始点側から 120 km、各 3 時間分のダイヤグラムを描画したもので、図 3-5 と比べると個車の履歴が重なって判別がやや困難になっていることがわかる。なお、各図において色が抜けた白い横線は、長大トンネル内で GNSS データが受信できず、自律走行取得位置も乖離し、多くの個車履歴データのトリップが切断されたものと考えられる。

パスに近い位置を走行している場合、トリップ番号が同一で通し番号(受信順に付加された番号)が 1 ずつ増加する履歴点で走行線が描かれる。車両の履歴点がある地点でパスを離れ、再びパスに戻る場合、または、並走する大型車の影響などで GNSS の精度が劣化して異なる区間にマップマッチングされた場合には通し番号が不連続に増加する。4 以上の不連続の場合はパス上を走行しなかった区間があったとみなし、その時刻以降のトリップ番号を全て 1 増加させ、走行線を切断する処理を加えた。不連続が 3 以下の場合はパス上を走行したとみなし、この処理は行わない。

また、個車の履歴点の精度が低い場合があることを指摘したことに関し、ダイヤグラム上で大きく異なる走行線として現れると考えられる。図 3-16 には周辺の走行線と大きく異なるものが幾つか確認できる。水平になった走行線はエンジンを切らずに駐停車した場合にも生ずるので履歴点の精度の問題ではないと考える。一方、垂直方向の走行線はありえない走行速度を示し、元の個車データに問題がある可能性が高いと考えられる。こうした走行線は比較的少数であり、十分なサンプル数のもとで平均走行速度の算出には大きな影響はないと考えられる。

ダイヤグラムは、走行線の傾きが走行速度を示すよう、縦軸を距離、横軸を時刻とする。図 3-16 と図 3-17 から 3 時間の時刻差で、明瞭に低速度の走行が増加したことが認識できる。

2 本の道路が近接並行している場合に、走行していないリンクにマップマッチングされることがしばしば生じる。2 本の道路の実走行速度が大きく異なる場合には、傾きが異なる走行線が多数混入していることがダイヤグラム上に現れることになる。こうした個車の走行線を識別するためには、図 3-16 と図 3-17 の 3 時間表示ではなく、時間スケールを拡大する必要がある。

なお、距離、時間のスケールを拡大することで、走行線が接近交差する現象、つまり車線毎の走行速度に差がある場合を可視化できることが部分的に確かめられた。しかしながら、緯度経度の保持桁数、GNSS データそのものの揺らぎ、200m という粗い取得間隔であることなどから、十分な精度を持った分析は難しいと言わざるを得ない。

ダイヤグラムは、時刻範囲が 3 時間の場合で上りと下り合わせて 16 枚となり、データの確認以上の利用ができない。一方で、ダイヤグラム用のデータがあれば、短い処理時間で描画できるため、ダイヤグラム自体は受信側で描画するとして、配信データから除外することが自然な考え方である。

(3) ヒートマップ用のデータ作成

ダイヤグラム用のデータは、グリッド毎の平均走行速度としてデータ要約することで、ヒートマップを描画するための入力データとなる。この処理は、概要を 3.3.3. で述べたとおり、速度の平均化処理である。図 3-7 で示したグリッドの平均走行速度は、そこを通過する走行線から算定される個車の走行速度をグリッド通過距離(距離 0 のサンプルを除く)の重みによって加重調和平均したもの、もしくはグリッド通過時間の重みで相加平均したものである。これにより、グリッドを通過した台数が保持されている場合は、重みが計算できるため、隣接する複数のグリッドを束ねて一つのグリッドに要約することもできる。

グリッドの単位距離は一般プローブデータの取得間隔である 200m を意識する必要はない。50m ~1000m とパスの総延長に応じて矩形模様が目立たないように設定することやグリッドを大きくし

て欠値を少なくすることも単位距離を決定するための考え方である。

ダイアグラム用のデータからヒートマップ用のデータを作成するアルゴリズムを次に示す。

表 3-12 下りヒートマップ用のデータ作成のアルゴリズム

手順 No.	内容
①	ヒートマップのサイズ、グリッドのサイズを決定 ヒートマップの縦軸:y をパスの開始点から終了点までの距離とする。 パスの開始距離: 0 (m) パスの終了距離: ymax (m) ヒートマップの横軸:x を開始時刻から終了時刻までの相対時間とする。 開始時間: 0 (sec): 開始時刻は 0(sec)となる。 終了時間: xmax=終了時刻-開始時刻 (sec) 開始時刻からの相対時間となる。 グリッド (縦方向) の単位距離: 50m~100m 程度の距離定数 dpitch グリッド (横方向) の単位時間: 180 秒~900 秒程度の時間定数 tslice グリッドは 2 次元マトリックス $g(ti,dj)$ の要素である。 このとき、$ti=integer(x/dpitch)$ (小数部切り捨て) また、$dj=integer(y/tslice)$ (小数部切り捨て) によって走行点(x,y)からグリッド $g(ti,dj)$の写像となる
②	未処理の同一個車かつ同一トリップ番号の全走行点の任意のセットを抽出する。 セットが空でない場合は、これを優先度付き (時間順) キューの初期値とする。 セットが空の場合は⑦のテーブル書き出しが全て終了している。グリッド毎にテーブル に書き出された総距離を総時間で除算すればグリッドの平均走行速度となる。全てのグ リッドの平均速度を書き出すことでヒートマップ用のデータとなる。
③	キューから走行点 $P1(x1,y1)$を取り出し、グリッド $G1(ti1,dj1)$を特定する。
④	次の走行点 (2 点目) をキューから取り出す。 走行点が逆走、速度異常の場合は破棄し④の最初に戻る。 走行点が取り出せず、$P2$ がない場合、平均速度は算定不能。②に行く。 走行点が取り出せず、$P2$ が保存されている場合は、$P2$ を $P4$ にコピーし、⑦の処理を行 い、⑧に進まずに③に行く。(当該トリップの走行線が現在のグリッド内で終了している 場合の処理) 走行点が $P1$ と同じグリッドにある場合は、$P2(x2,y2)$として上書き保存し、④を繰り返す。 (同じグリッド内の複数の走行点がある場合に最初と最後以外を廃棄する処理) 走行点が $P1$ のグリッド以外にある場合は、$P3(x3,y3)$として保存するとともにキューに戻 す。⑤に行く。(当該トリップが別のグリッドを通過する場合の処理)
⑤	まだ $P2$ が保存されていない場合は $P1$ を $P2$ にコピーする。
⑥	直線 $P3P2$ とグリッド境界との交点 $P4(x4,y4)$を求める。 $P4$ は下りの走行点の場合でグリッド境界の上辺か右辺のいずれかに存在する。つまり次 の 2 式の $t4$ もしくは $d4$ のいずれか片方が計算で求めることができる。 上辺の場合: $P4(ti1*tslice+t4,(dj1+1)*dpitch)$;$0<t4\leq tslice$ 右辺の場合: $P4((ti1+1)*tslice,dj1*dpitch+d4)$;$0\leq d4<dpitch$ また、$P4$ のグリッドは、現在のグリッドの上辺または右辺のいずれかに接する。 上辺の場合: $G4(ti1,dj1+1)$ 右辺の場合: $G4(ti1+1,dj1)$
⑦	線分 $P1P4$ が示すグリッド内通過の時間と距離をテーブルに書き出す。 グリッドの添字 x : $ti1$ グリッドの添字 y : $dj1$ グリッド内通過時間: $x4-x1$ グリッド内通過距離: $y4-y1$
⑧	$P4$ を $P1(x1,y1)$にコピーし、グリッド $G1(ti1,dj1)$を特定する。④へ行く。

上記の表 3-12 は下りパスの場合の処理である。上りパスの場合は、時刻が進むと距離が減少する
ため、⑥の処理にあるグリッド交点は下辺と右辺のいずれかに生じることになる。こうした相違が
あるため、処理プログラム上は、上りパス用と下りパス用の処理を完全に分離した。

(4) ヒートマップへの走行線の追加

表 3-12 の⑥の処理において、走行線とグリッドの境界線上の点を求め、平均走行速度の計算を行っていることは、走行線をこのグリッド境界線上の 2 点を結ぶ線分に近似させて計算していることになる。逆に、グリッド境界上の 1 点と平均走行速度が与えられると 2 つ目のグリッド境界線上の点が求められ、この 2 点を結ぶ線分を繋ぐことで走行線をシミュレートできる。

表 3-13 下りヒートマップの走行線作成のアルゴリズム

手順 No.	内容
①	出発点 $P1(x1,y1)$ の存在するグリッドの平均速度 $v1(tl1,dj1)$、を得る。 (平均速度に欠値がある場合は、時間で 1 つ前、距離で 1 つ前のグリッドをこの順に調べ、欠値でない値をコピーする。ただし欠値が連続した 1 時間以上続く区間は交通障害とみなし、速度を 0 とする。) $tl1 = \text{integer}(x1/dpitch)$ (小数部切り捨て) $dj1 = \text{integer}(y1/tslice)$ (小数部切り捨て) $v1 = v1(tl1,dj1)$
②	$P1$ を通る傾き $v1$ の直線とグリッド境界との交点 $P2(x2,y2)$ を求める。 $P2$ は下りの走行点の場合はグリッド境界の上辺か右辺のいずれかに存在する。つまり次の 2 式の $t2$ もしくは $d2$ のいずれか片方を計算で求めることができる。 上辺の場合: $P2(tl1*tslice+t2,(dj1+1)*dpitch)$; $0 < t2 \leq tslice$ 右辺の場合: $P2((tl1+1)*tslice,dj1*dpitch+d2)$; $0 \leq d2 < dpitch$ $P2$ のグリッドは、グリッド $G1$ の上辺または右辺のいずれかに接する。 上辺の場合: $G2(tl1,dj1+1)$ 右辺の場合: $G2(tl1+1,dj1)$ 走行点が $G1$ 内の $P1$ から $G2$ 内の $P2$ に移動したことになる。
③	$P2$ を通る傾き $v2$ の直線とグリッド境界との交点 $P3(x3,y3)$ を求める $P3$ は②と同様に求めることができる。 以降、計算を繰り返すと、目的地点の距離以上に達した $Pn(xn,yn)$ が得られるか、ヒートマップの時空間外となる。Pn が得られた場合、$P1, P2, P3, \dots, Pn$ を結ぶと走行線となり、xn が目的地点までの所要時間となる。

表 3-13 に下りヒートマップ上の走行線の作成アルゴリズムを示す。ここで、走行線はグリッド境界線上の実数値として計算された点から描かれるため、グリッドの単位をある程度大きくしても滑らかに描画され、累積して計算される所要時間の精度もそれほど劣化しない。この走行線が②においてグリッド上辺を通過するか右辺を通過するかは順次処理において定まる。軽い処理であることから、ヒートマップには全て毎正時発の走行線を描くこととした。

なお、①の交通障害等で欠値が発生する場合の処理はやや再考する余地がある。また、上りヒートマップの場合は、表中の上辺が下辺となるなどの修正が必要となる。

図 3-13 に示した首都高速 3 号線～東名高速～名神高速の下りパスにおいて、毎正時発の走行線を付加した 2022 年 5 月 3 日のヒートマップを図 3-18 に示す。グリッドの単位は距離 1 km、時間 10 分とし、距離方向に 549 分割、時間方向に 144 分割され、グリッドの総数は 79,056 となった。

平均走行速度が欠値となったグリッドは 30 で、時間が 0 のグリッドに集中している。これはこの時間帯の交通量が少ないことに加え、様式 1-2 の走行履歴が日を跨るトリップの場合は、運行を開始した日付のファイルに収録され、日付が変わった直後の走行履歴が極端に少なくなることが原因で生じる。このため、2 日間連続して処理をすれば、欠値は少なくなる。ただし、深夜帯は交通量が非常に少なく、速度低下がないため、表 3-13 の①の欠値処理で対応することで大きな問題はないと考えられる。

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

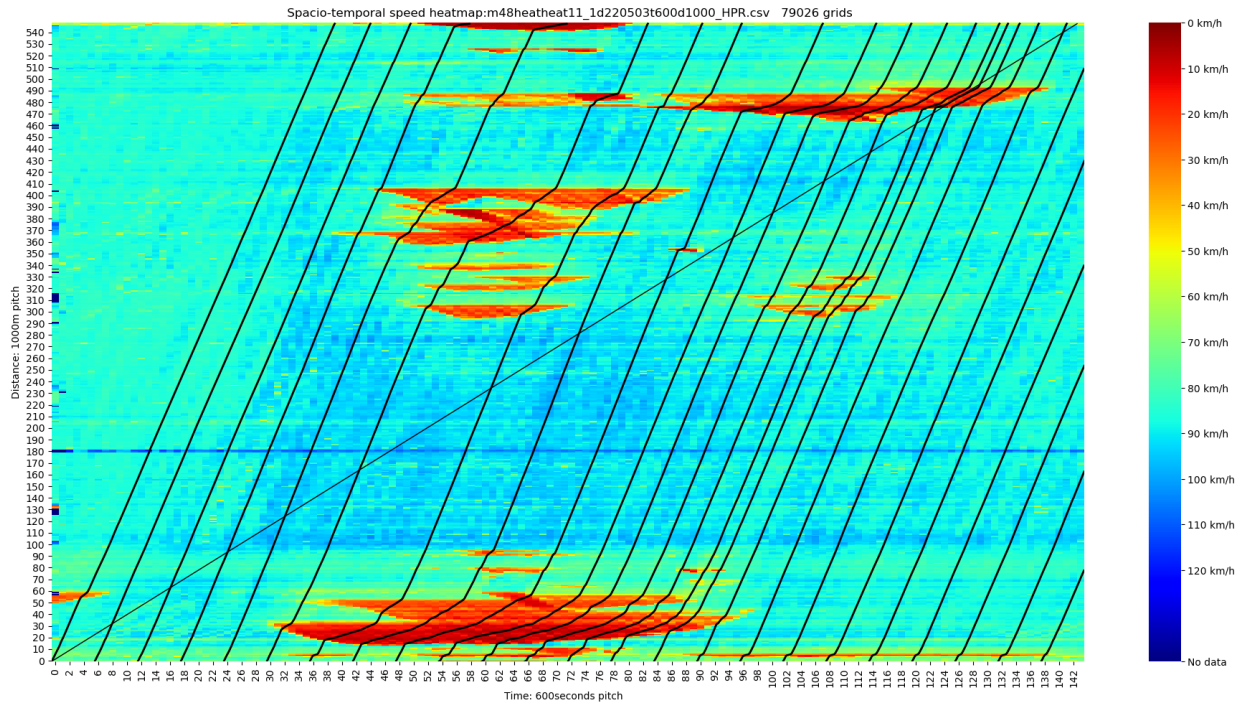


図 3-18 首都高速 3 号線～東名高速～名神高速 下りヒートマップ 2022 年 5 月 3 日

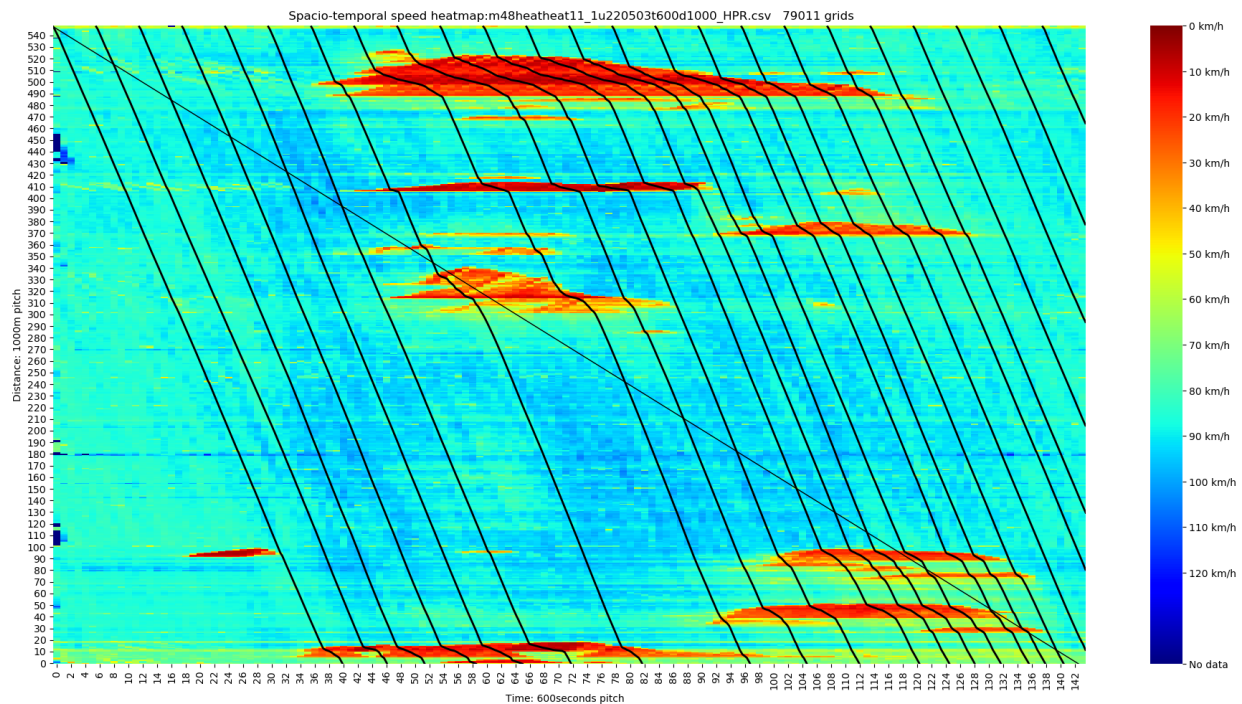


図 3-19 首都高速 3 号線～東名高速～名神高速 上りヒートマップ 2022 年 5 月 3 日

毎正時発の走行線は休憩なしで流れに従って走行した場合をシミュレートしたもので、現実にはやや無理な走行である。とはいえ、赤色の渋滞部分を通過する際の所要時間の増加が把握できるなど、情報の価値を高めることになる。

図 3-18、図 3-19 の 2 枚のヒートマップを得るための全処理時間は 28 分であった。このうち、ヒートマップの描画と所要時間を得るための処理時間は 7 秒強であったことから、ヒートマップ用のデータを配信することで、受信側の処理コストを大幅に削減できると言える。

(5) 配信データのファイル構成

上記の処理手順によって図 3-13 の範囲を対象とした 2022 年 5 月 1 日のヒートマップ作成時に得られた全てのファイルとその構成を表 3-14 に示す。

表 3-14 ヒートマップ関連ファイルの構成

(首都高速 3 号～東名高速～名神高速 (542km)、2022年5月1日 0～2 4 時のヒートマップ配信データ：m48heat11_1_220501HPR.zip)					
	圧縮前サイズ	圧縮後サイズ	種類・用途	説明	割合
m48heat11_1_220501HPR.txt	756,352	77,360	記録	処理全体のログファイル	
m48heat11_1_2205r2_HPR.txt	135	116	記録	ヒートマップ描画処理のログファイル	
m48heat11_1std220501_HPR.txt	1,797	399	記録	ダイヤグラム描画処理のログファイル	0.02%
m48heat2205_elink.csv	302,922	55,373	配信データ	バス候補のETC2.0リンク (QGIS読込用)	
m48heat2205_elink.csvt	87	36	配信データ	QGISのテキストレイヤ読込用の型定義	
m48heat2205_gridpnt.csv	26,951	5,509	配信データ	2 次メッシュ境界上ノード (QGIS読込用)	
m48heat2205_gridpnt.csvt	52	42	配信データ	QGISのテキストレイヤ読込用の型定義	
m48heat2205_mesh.csv	9,171	1,568	配信データ	対象とした 2 次メッシュ領域 (QGIS読込用)	
m48heat2205_mesh.csvt	26	26	配信データ	QGISのテキストレイヤ読込用の型定義	
m48heat2205_pathd.csv	77,154	19,476	配信データ	下りバス (QGIS読込用)	
m48heat2205_pathd.csvt	84	43	配信データ	QGISのテキストレイヤ読込用の型定義	
m48heat2205_pathu.csv	75,480	19,154	配信データ	上りバス (QGIS読込用)	
m48heat2205_pathu.csvt	84	43	配信データ	QGISのテキストレイヤ読込用の型定義	0.03%
m48heat2205sday.csv	3	3	記録	対象とした日付	
m48heat2205smshcsv.csv	469	157	記録	対象とした 2 次メッシュコード	
m48heat2205spref.csv	141	73	記録	バスが関係する都道府県コード	0.00%
m48heatheat11_1d220501t600d1000_HPR.csv	2,134,949	829,712	配信データ	下りヒートマップ用のデータ	
m48heatheat11_1d220501t600d1000_HPR.png	631,445	624,557	可視化	下りヒートマップ	
m48heatheat11_1u220501t600d1000_HPR.csv	2,135,249	831,686	配信データ	上りヒートマップ用のデータ	
m48heatheat11_1u220501t600d1000_HPR.png	676,980	670,609	可視化	上りヒートマップ	
m48heat11_1_220501_HPR.txt	4,196	927	配信データ	走行線毎の目的地点までの所要時間	0.85%
m48heatstd11_1d22050100HPR.csv	73,391,648	9,553,652	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (0～3 時)	
m48heatstd11_1d22050100HPR.png	4,008,658	4,007,283	可視化	下りダイヤグラム (0～3 時)	
m48heatstd11_1d22050103HPR.csv	83,247,263	10,618,137	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (3～6 時)	
m48heatstd11_1d22050103HPR.png	4,305,346	4,304,184	可視化	下りダイヤグラム (3～6 時)	
m48heatstd11_1d22050106HPR.csv	141,082,111	18,018,020	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (6～9 時)	
m48heatstd11_1d22050106HPR.png	4,537,988	4,536,791	可視化	下りダイヤグラム (6～9 時)	
m48heatstd11_1d22050109HPR.csv	175,741,413	22,331,372	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (9～1 2 時)	
m48heatstd11_1d22050109HPR.png	4,425,173	4,423,883	可視化	下りダイヤグラム (9～1 2 時)	
m48heatstd11_1d22050112HPR.csv	166,036,301	20,992,547	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (1 2～1 5 時)	
m48heatstd11_1d22050112HPR.png	4,488,505	4,487,587	可視化	下りダイヤグラム (1 2～1 5 時)	
m48heatstd11_1d22050115HPR.csv	172,648,638	21,831,035	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (1 5～1 8 時)	
m48heatstd11_1d22050115HPR.png	4,461,739	4,460,319	可視化	下りダイヤグラム (1 5～1 8 時)	
m48heatstd11_1d22050118HPR.csv	122,030,392	15,837,239	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (1 8～2 1 時)	
m48heatstd11_1d22050118HPR.png	4,465,107	4,463,837	可視化	下りダイヤグラム (1 8～2 1 時)	
m48heatstd11_1d22050121HPR.csv	108,879,422	14,015,124	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (2 1～2 4 時)	
m48heatstd11_1d22050121HPR.png	4,360,703	4,359,624	可視化	下りダイヤグラム (2 1～2 4 時)	
m48heatstd11_1u22050100HPR.csv	69,249,705	8,967,441	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (0～3 時)	
m48heatstd11_1u22050100HPR.png	3,811,077	3,809,537	可視化	下りダイヤグラム (0～3 時)	
m48heatstd11_1u22050103HPR.csv	76,518,464	9,885,472	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (3～6 時)	
m48heatstd11_1u22050103HPR.png	4,132,916	4,131,702	可視化	下りダイヤグラム (3～6 時)	
m48heatstd11_1u22050106HPR.csv	128,945,597	16,705,908	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (6～9 時)	
m48heatstd11_1u22050106HPR.png	4,334,704	4,333,148	可視化	下りダイヤグラム (6～9 時)	
m48heatstd11_1u22050109HPR.csv	186,765,199	23,696,835	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (9～1 2 時)	
m48heatstd11_1u22050109HPR.png	4,414,982	4,413,781	可視化	下りダイヤグラム (9～1 2 時)	
m48heatstd11_1u22050112HPR.csv	188,063,183	24,078,014	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (1 2～1 5 時)	
m48heatstd11_1u22050112HPR.png	4,379,765	4,378,579	可視化	下りダイヤグラム (1 2～1 5 時)	
m48heatstd11_1u22050115HPR.csv	183,415,896	23,607,379	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (1 5～1 8 時)	
m48heatstd11_1u22050115HPR.png	4,118,881	4,117,248	可視化	下りダイヤグラム (1 5～1 8 時)	
m48heatstd11_1u22050118HPR.csv	148,740,739	19,026,444	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (1 8～2 1 時)	
m48heatstd11_1u22050118HPR.png	4,208,217	4,206,795	可視化	下りダイヤグラム (1 8～2 1 時)	
m48heatstd11_1u22050121HPR.csv	124,409,519	15,913,541	配信データ	下りダイヤグラム用のデータ (2 1～2 4 時)	
m48heatstd11_1u22050121HPR.png	4,381,608	4,380,447	可視化	下りダイヤグラム (2 1～2 4 時)	99.10%
-----	-----	-----	-----	-----	
合計 53ファイル	2,224,834,586	347,029,774	-----	-----	100.00%

これを全て配信データとすると、そのサイズは zip 圧縮状態で 347Mbytes となる。このサイズであればインターネット通信でも数分で配信できると考えられる。

対象の 2 次メッシュ領域、パス候補となる ETC2.0 リンク、2 次メッシュ境界上ノード (3.3.5 項 (1) で述べたダミーリンク)、上りと下りパスについては受信側でフリーソフトの QGIS に読み込めるファイル形式としている。これらは配信側の処理に必要なファイルであり、受信側においても GIS を用いて、図 3-13 や図 3-15 などの図を好みのレイアウトで作成できるようになる。

このように、履歴点数が多くなる重交通路線の長い区間を対象とした 1 日間のヒートマップが処理不能になることなく、妥当なサイズの成果として得られることがわかった。

ここで、表 3-12 の②で示したように、同一個車の同一トリップ毎に独立した順次処理で行われることから、複数日に渡る処理についてもグリッドあたりの計算量が増えず、しかも、テーブル処理で計算されるためメモリ使用量の増加も少ないと考えると、複数日に渡る処理も支障なく処理されると推定され、上記(1)～(4)が汎用性の高い(一般化された)処理手順であると示された。

3.3.6. 渋滞実績検索アプリケーションの構築

3.3.3 項と 3.3.4 項では、ひとつの事業箇所におけるヒートマップの配信サービスの成立を述べた。また、3.3.5 項では、これよりも長い区間のヒートマップ処理まで一般化できることを確認した。

この項では複数の道路区間、長い距離と長い期間、また定期配信を含むような、ヒートマップ用のデータの配信サービスについて取り上げ、3.3.5 項のケーススタディの手順を配信サービスとして利用できるかを確認する。複数の長い道路区間を 1 週間分まとめて処理できること、得られた結果を一括配信し、配信先で有効に活用できることを確認する。なお、これらの確認は同時多数のヒートマップ用データの配信サービスが実用的に行えるかを確認することを兼ねている。

大規模な配信サービスとして、図 3-20 に示すように、道路管理者ばかりでなく、民間企業も含め一般の利用者が過去の高速道路の渋滞実績が簡単に検索できる Web ベースのアプリケーションを構築し、そこへの配信サービスを考えた。一般の利用者にとって、ゴールデンウィークやお盆の帰省時などの高速道路の渋滞実績は、過去の情報であっても今年のドライブ計画の参考情報となりうる程度の効果があると考えられる。

この Web ベースのアプリケーションの構築自体は、配信サービスの受信側の具体例を示したものに過ぎないものの、本研究の目的である一般プローブデータの利活用の促進に対しては直接的に寄与すると考えている。

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

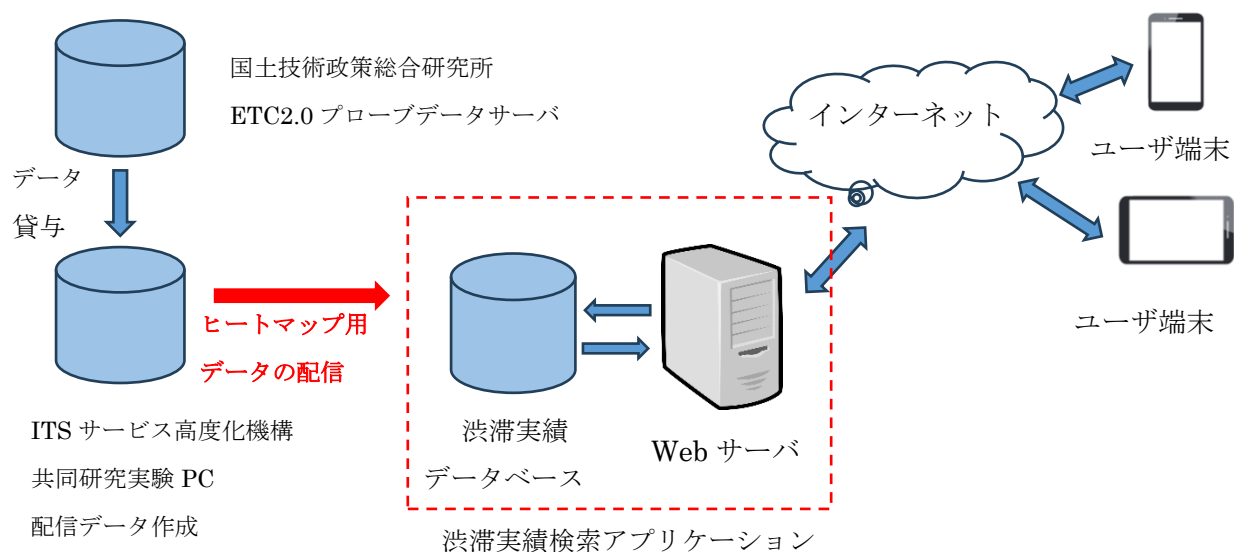


図 3-20 大規模なヒートマップ用データの配信イメージ

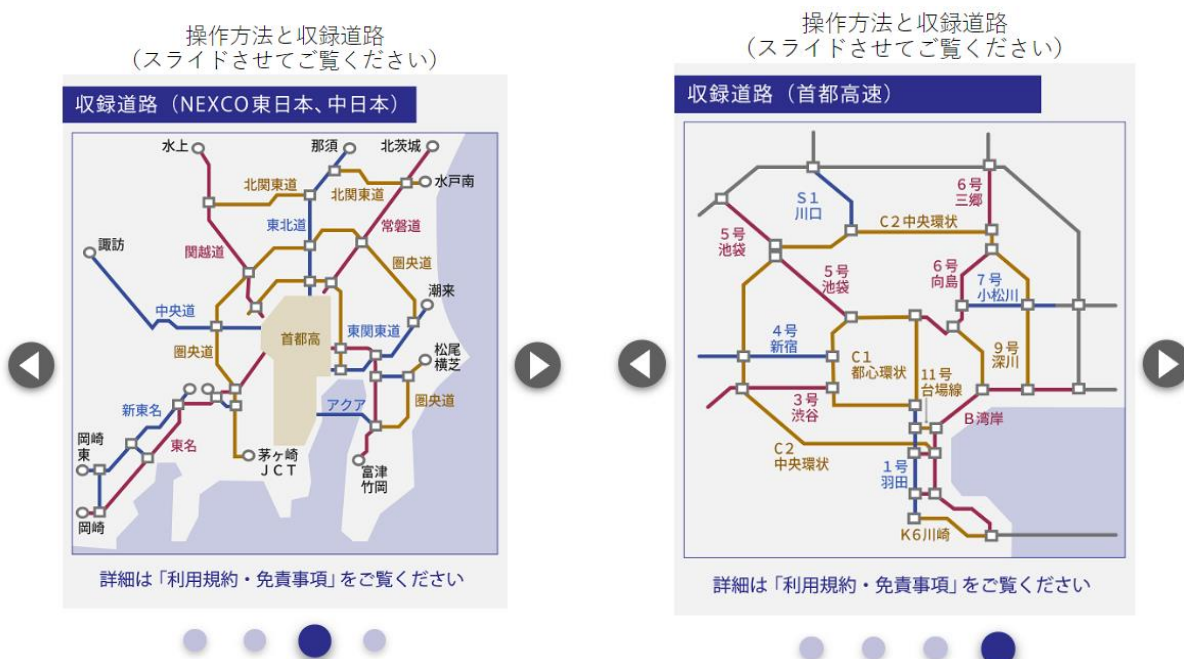


図 3-21 渋滞実績検索アプリケーションの対象道路（高速道路）

この渋滞実績検索アプリケーションの対象道路は、アプリケーション構築の人的作業の発生量を考えて図 3-21 に示す高速道路の区間とし、これに並行する直轄国道も対象とした。

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

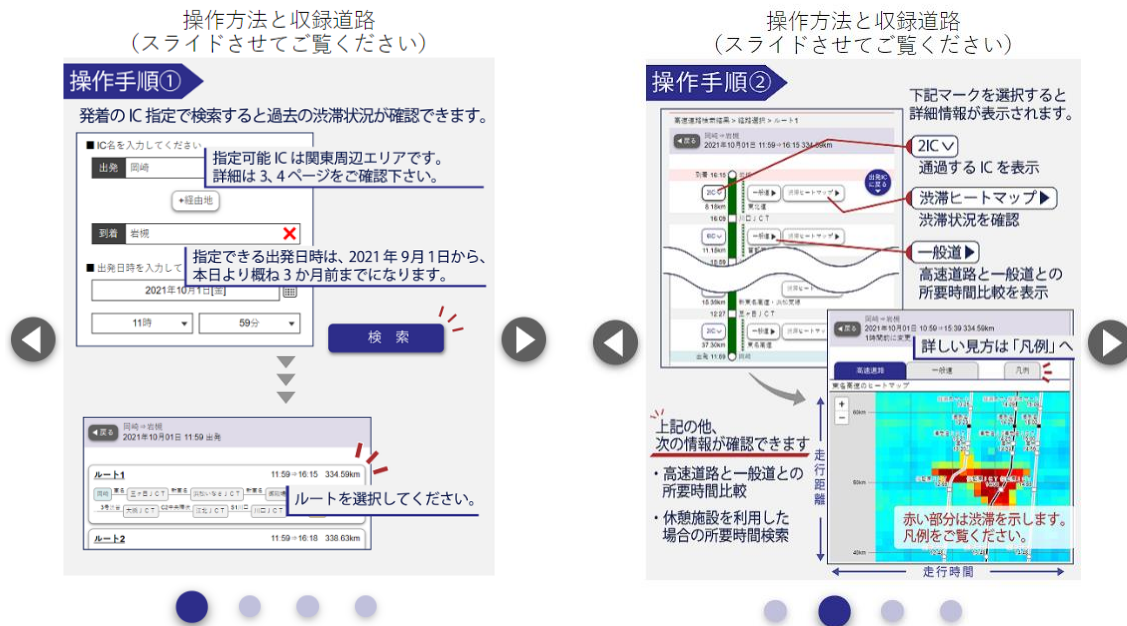


図 3-22 に示す操作手順①によって、高速道路の出発インターチェンジ、到着インターチェンジおよび出発日・時刻を入力し、検索ボタンを押すと数秒間サーバ処理が行われた後にルートが表示される。この数秒間のサーバ処理において必要なヒートマップ用データを抽出、再結合して所要時間を算出している。希望のルートを選択すると操作手順②で示す画面に移行し、ヒートマップを図示できる。ヒートマップ上には設定した出発時刻及びその前後 1 時間の計 3 本の走行線が併せて表示され、出発時刻による所要時間の変化が容易に把握できる。

また、休憩の設定によって走行線および所要時間を補正することやサービスエリアの施設情報を得ることもできるよう工夫されている。

渋滞実績検索アプリケーションは、共同研究の成果である 3.3.5 項を適用し、一般プローブデータ用いて作成されたヒートマップ用のデータの配信を受けて稼働するため、共同研究の範囲内のプロジェクトとして、AWS のクラウドサービス上に高速道路経路検索 API を有償で用いて構築したものである。

3.3.7. 同時多数の大規模なヒートマップ用データの配信

図 3-20 で配信されるヒートマップ用データは、図 3-21 に示す範囲をカバーする高速道路、首都高速道路および高速道路に並行していると考えられる直轄国道の 3 種類の道路のそれぞれについて、毎月 1 日から月末までを月曜日の 00:00 で分割し、5 ファイル程度の zip 圧縮ファイルを合計した結果、15 ファイル程度となった。

グリッドのサイズは、高速道路と直轄国道について 1 km×10 分とやや粗くし、首都高速道路は道路区間の分岐までの距離が短いことから 100m×3 分とやや細かくした。

3 種類のうち、処理時間が最も長く、ファイルサイズが最も大きい高速道路のヒートマップ用データを示す。まず、配信対象とした高速道路のパスの一覧表と処理時間を表 3-15 に示す。

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

表 3-15 配信対象の高速道路のパス一覧表と処理時間（2022 年 12 月 1～4 日）

パスID	道路名	区間	開始終了点間の距離(km)	バス生成の処理時間	走行速度平均化の処理時間
1	首都高速 1号	上野～羽田	43	0:00:28	4:59:17
2	首都高速 都心環状線 C1	神田～神田	14	0:00:22	4:52:42
3	首都高速 K3号	保土ヶ谷～狩場	11	0:00:09	4:41:35
4	中央道、首都高速 4号	三宅坂～小牧市	360	0:00:15	5:49:22
5	首都高速 中央環状線 C2	大井～葛西	47	0:00:13	5:06:13
6	首都高速 大宮線	八重洲～大宮市	38	0:00:17	5:02:19
7	京葉道路、東関東道(館山線),国道127号	日本橋～南房総市	119	0:00:24	5:20:24
8	首都高速 湾岸線、東関東道（潮来線）	横浜市～潮来市	142	0:00:30	5:36:06
9	東北道、首都高速 9号、6号	葛飾区～青森市	726	0:00:10	6:03:52
10	常磐道、首都高速 6号、C2	葛飾区～仙台市	365	0:00:16	5:49:05
11	首都高速 10号、2号	晴海～戸越	16	0:00:05	4:48:39
12	アクアライン、国道126号	川崎市～千葉市	96	0:00:25	5:09:29
13	圏央道	大磯町～成田市	207	0:00:23	5:38:55
14	新東名、伊勢湾岸道	御殿場市～四日市市	264	0:00:20	5:38:48
15	首都高速 K7	青葉～大黒	20	0:00:05	4:42:43
16	第3京浜	玉川～金港町	19	0:00:21	4:48:50
17	外環道（専用部）	練馬区～市川市	50	0:00:11	5:11:42
18	関越道	練馬区～長岡市	247	0:00:30	5:42:46
19	横浜新道	三ツ沢～戸塚	10	0:00:08	4:40:17
20	横浜横須賀道	新保土ヶ谷～馬堀海岸	34	0:00:27	4:43:33
21	東名高速、首都高速 3号	三宅坂～小牧	364	0:00:10	5:54:23
22	北関東道、常陸那珂自動車道	栃木都賀～ひたち海浜公園	95	0:00:04	5:22:29
23	磐越道	いわき～新潟中央	213	0:00:31	5:26:00
24	北陸道	米原～新潟中央	478	0:00:31	5:45:40
25	北関東道	高崎～岩舟	55	0:00:26	5:20:22
26	上信越道	藤岡～上越	205	0:00:09	5:29:25
27	中央道（富士吉田線）	岡谷～更埴	76	0:00:29	5:15:10
28	東北道、八戸道路	安代～六戸	93	0:00:11	5:27:11
29	山形道	村田～月山	84	0:00:14	5:25:43
30	東海環状	山県～豊田東	86	0:00:08	4:33:57
31	秋田道	北上～能代南	171	0:00:19	5:28:06
32	新東名1	海老名南～新秦野	24	0:00:24	4:35:48
33	小田原厚木道路、西湘バイパス	厚木～西湘二宮	46	0:00:30	4:42:30
34	名古屋環状2	飛鳥～名古屋南	55	0:00:15	4:26:06
35	東名高速、名古屋高速 2号、5号	名古屋～島井町	22	0:00:19	4:27:50
36	東海北陸道、直江津道路	一宮～高岡	201	0:00:21	5:23:52
37	名古屋高速 16号	一宮東～東海	34	0:00:10	4:12:57
38	名古屋高速 11号	小牧北～名古屋南	35	0:00:24	4:15:08
39	東名阪、伊勢道路	名古屋西～伊勢	123	0:00:18	4:27:29
40	新名神、名神	四日市～高槻	111	0:00:07	4:39:47
41	千葉東金道路	千葉東～松尾横芝	33	0:00:22	5:05:18
42	中央道（富士吉田線）2	大月～須走	45	0:00:06	4:35:33
101	アクアライン、千葉東金有料	大師～松尾横芝	96	0:00:03	5:09:49
102	東名（渡り線）新東名、東海環状	長泉～豊田松平	200	0:00:23	5:15:03
103	新東名（渡り線）東名、伊勢湾岸	新御殿場～美合PA	201	0:00:07	5:17:50
104	新東名（渡り線）東名	長泉沼津～菊川	109	0:00:13	4:55:44
105	東名（渡り線）新東名、東海環状	菊川～豊田松平	125	0:00:18	4:50:28
		（合計延長、バス処理時間	6,208	0:00:31	6:04:46

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

配信対象としたパスの道路名、区間は、渋滞実績検索アプリが対象としていないものまで含んでおり、これは受け手側での範囲拡大にも対応可能な余地を配慮したものである。

パスは道路区間としては 47 本、上り下り全部で 94 本のパスを扱った。パスは 2022 年 12 月 1～4 日の処理以外でも同じである。配信した高速道路のパス（図 3-23 を参照）に用いる DRM データのノードやリンクは毎年 4 月時点で更新される²⁰⁾。また、ETC2.0 リンクとしては処理の簡素化のため様式 2-4 を用いて、新規共用区間がある場合は月単位の反映とした。

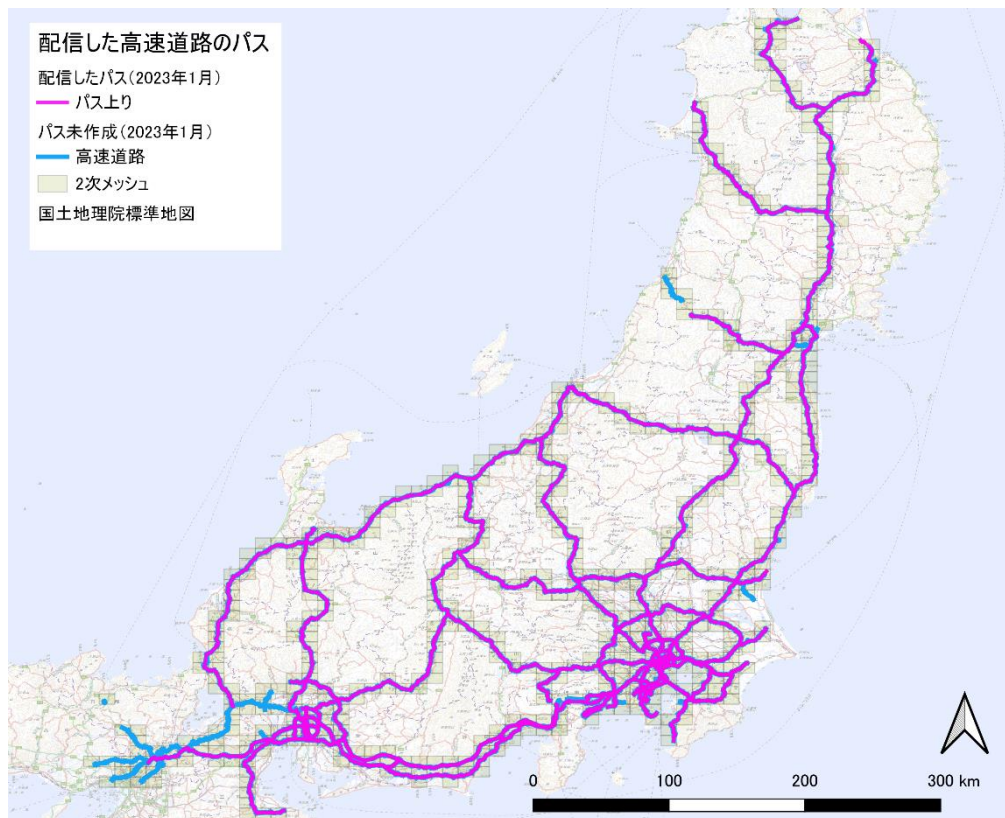


図 3-23 配信した高速道路のパス

また、表 3-15 には 2022 年 12 月 1～4 日分の処理時間を示した。47 のパス毎に全て並列処理した結果、パス作成処理が全部終了するのに 31 秒、うち最短が 3 秒、最長が 31 秒と 3.3.8 項で述べる並列処理が有効に機能していることが確認できた。

走行速度平均化処理も、47 のパス毎の全並列処理で、全部終了するのに 6 時間 4 分 46 秒、うち最短が 4 時間 12 分 57 秒 (2,848,533 点)、最長が 6 時間 12 分 52 秒 (74,966,607 点) と、並列処理効果が確認できる。

表 3-15 の処理において読み込んだ様式 1-2 の zip ファイル数は 2,132 で、読み込んだ全 GNSS 点数は 2,268,469,113 点、うちパス上にあると判定して書き出した点数は 1,060,010,192 点であった。

なお、走行速度平均化処理の前段では書き出された約 11 億点からそのパスに関係する点だけを判定して抽出する処理があり、この処理に一定の時間がかかっていたことから、最短と最長の処理時間の関係が、処理点数から計算量をランダウの記号で表記した $O(n)$ や $O(n \log(n))$ とかけ離れたものとなっている。プログラムがやや煩雑になるものの、様式 1-2 の zip ファイルを読み込み、パス上にあると判定して書き出す際に、パス毎に書き出すことでこの 2 回目の抽出処理をなくす工夫も考えられる。

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

アプリケーションへの配信サービスは、高速道路、首都高速道路、直轄国道のそれぞれについて1か月毎に行うこととした。例として2023年1月分の全配信データのサイズと処理時間を表3-16に示す。配信データは日曜日の23:59:59までの最長1週間に区切られたヒートマップ用のデータ、ヒートマップ画像データ及びパスのQGIS用テキストレイヤなどを含むzipファイルである。このうち、渋滞実績検索アプリに必要なファイルはヒートマップ用データ（CSVファイル）のみで、表3-16に示すように、このファイルのみで全体の約75%を占める。

表 3-16 1か月分の配信データのサイズと処理時間

配信zipファイル名	道路種別	対象期間	総zipサイズ (bytes)	総処理時間	ヒートマップ 用データzipサ イズ(bytes)
m7cheatExp230101HPR.zip	高速道路	2023/1/1～1/1	47,256,225	1:41:18	20,380,764
m7cheatExp230102HPR.zip	高速道路	2023/1/2～1/8	222,472,614	3:45:46	150,131,524
m7cheatExp230109HPR.zip	高速道路	2022/1/9～1/15	222,931,719	4:12:00	151,406,596
m7cheatExp230116HPR.zip	高速道路	2022/1/16～1/21	222,999,369	4:25:56	151,697,931
m7cheatExp230123HPR.zip	高速道路	2022/12/23～1/29	222,996,341	4:12:35	150,439,498
m7cheatExp230130HPR.zip	高速道路	2022/12/30～2/5	223,619,799	4:26:55	152,083,227
高速道路 小計			1,162,276,067	22:44:30	776,139,540
m7gheatMex230101HPU.zip	首都高速	2023/1/1～1/1	45,538,888	0:10:11	32,124,806
m7gheatMex230102HPU.zip	首都高速	2023/1/2～1/8	264,927,694	1:37:33	238,940,388
m7gheatMex230109HPU.zip	首都高速	2022/1/9～1/15	269,817,154	1:32:34	243,577,538
m7gheatMex230116HPU.zip	首都高速	2022/1/16～1/21	272,365,438	1:44:32	246,066,134
m7gheatMex230123HPU.zip	首都高速	2022/12/23～1/29	271,158,566	1:37:13	244,881,816
m7gheatMex230130HPU.zip	首都高速	2022/12/30～2/5	271,473,545	1:39:03	245,222,861
首都高速 小計			1,395,281,285	8:21:06	1,250,813,543
m7dheatDnr230101HPS.zip	直轄国道	2023/1/1～1/1	43,325,011	0:21:03	16,362,864
m7dheatDnr230102HPS.zip	直轄国道	2023/1/2～1/8	204,318,927	4:12:35	127,521,841
m7dheatDnr230109HPS.zip	直轄国道	2022/1/9～1/15	209,775,017	4:00:44	132,889,462
m7dheatDnr230116HPS.zip	直轄国道	2022/1/16～1/21	211,104,687	4:15:26	134,144,830
m7dheatDnr230123HPS.zip	直轄国道	2022/12/23～1/29	208,603,112	3:59:55	131,915,497
m7dheatDnr230130HPS.zip	直轄国道	2022/12/30～2/5	211,036,212	4:10:24	134,056,225
直轄国道 小計			1,088,162,966	21:00:07	676,890,719
全道路 計			3,645,720,318		2,703,843,802

3.3.8 項で述べる共同研究実験 PC を用いた並列処理による、1か月分の配信データの作成は22時間44分30秒を要した。今回の配信データについて、仮に高速道路および直轄国道の全ての区間を対象として、毎月作成したとしても、数日間の処理時間で済むと推定されることから、様式データに併せて作成しておくことも可能であると考えられる。

3.3.8. 配信実験用 PC の構成

共同研究の期間満了時点で稼働している実験用 PC は 3 年目には再構築がほぼ完了し、それ以降は毎月の一般プローブデータを蓄積するためのディスク装置の増設のみで対応してきた。

機器構成は図 3-24 に示すように、手元には汎用のワークステーション 1 台を設置し、ディスクケースに 14TB~22TB の HDD を都度、増設、格納して、ワークステーションのドライブとして認識させている。また、データセンターには一般的なサーバ 3 台と 2 つの NAS（Network Attached Server）を設置している。

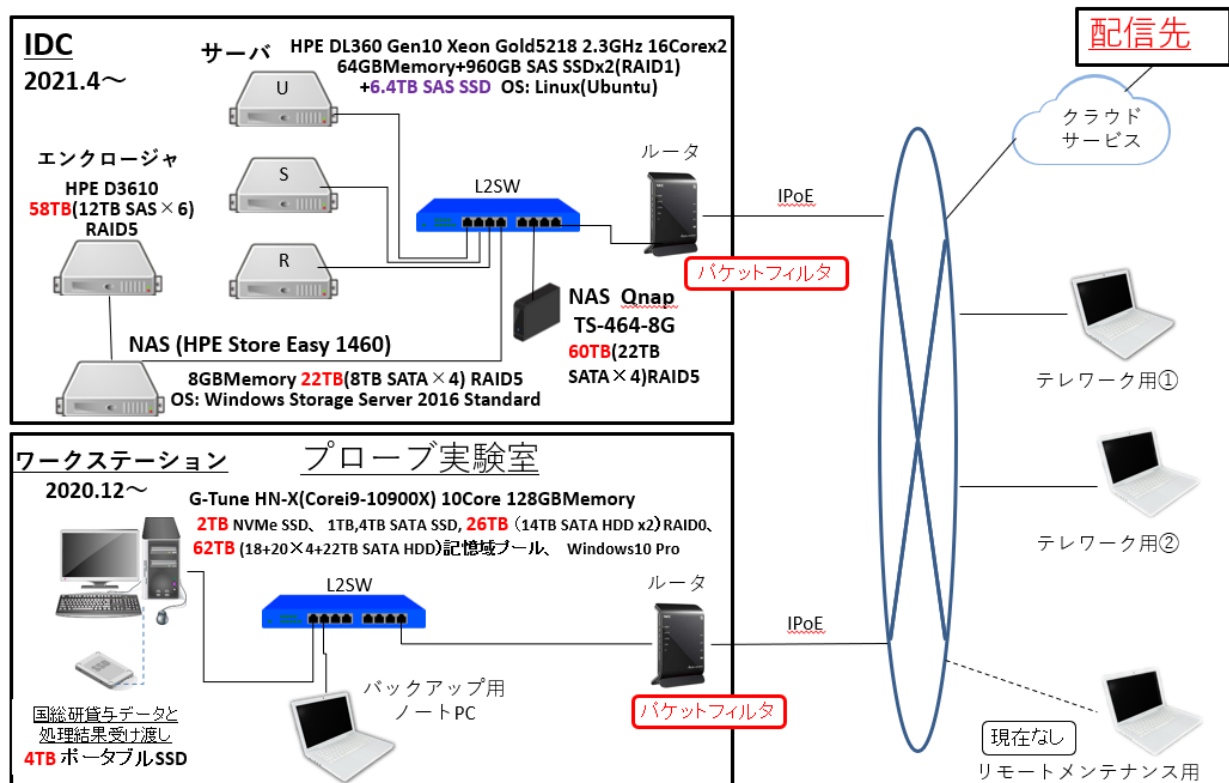


図 3-24 共同研究実験 PC の構成

ワークステーションは市販のやや高性能デスクトップ PC であり、CPU コア数が 10 でスレッドが 2 のため、OS から見た論理 CPU の数は 20 である。

IDC 側に設置したサーバは業務用の汎用品で構築したもので、それぞれのサーバは 2 つの CPU を持ち、CPU あたりのコア数は 16、スレッドが 2 のため、サーバ 1 台の論理 CPU の数は 64 である。実際の処理を行わせる場合、コアあたりの処理能力（CPU のクロック数）はワークステーションの方が高いものの、論理 CPU の数が 3 倍強あるサーバの方が明らかに少ない処理時間となった。

これは、パス毎のヒートマップ用データが独立したプロセスで作成されるため、多数のコアに対してより多くの並列プロセスとして実行させることができ、これが、ディスクへの多重アクセスの制約内で処理が効率化したものと考えられる。

ワークステーションでは並列プロセス数の上限を 15 に、IDC のサーバでは上限を 50 として実行させることが多かった。

CPU の処理が軽い場合は、ディスクアクセスの方が律速となって並列処理の効果がなくなる。こうしたケースでは、共同研究実験 PC では行わなかったものの、対象地域などで入力データの

3. 配信サービスの実現に向けた研究成果

ディスク分散を行うと多重アクセス数が緩和し、多数コアを用いた並列プロセスの処理が有効に働くようになると考えられる。

ヒートマップの処理は、パス単位で独立した処理である。3.3.5 項ではプログラムの処理の見通しを良くするため、下りパスと上りパスを順次処理したので、これを独立分離させて処理するとさらに効率化が可能である。

全車両の軌跡の追跡が終わってから、グリッド毎の平均値の算定を行う必要があるため、パス単位以上の並列化は困難である。つまり、パスの数以上の論理 CPU の数があっても並列処理の恩恵を得ることは難しい。

並列処理なので最後のパスの終了が全体の終了とほぼ等しい。また、処理の重さは、軽重入り混じっており、論理 CPU 全体の利用率は処理が進むにつれて低下し、終了直前の論理 CPU はひとつを除いてアイドル状態になる。よって、全国高速道路のヒートマップ処理を行っても、パスの数が倍程度となり、重い処理ほど早く実行状態にすることによって、全体の処理時間はそれほど増加しないと推定できる。

さらに、マップマッチング処理のように車両単位で独立した処理ならば、さらに多数の並列処理を適用することができ、膨大な数の論理 CPU による並列処理の恩恵を十分に受けることができると考えられる。これによって、1 台当たりの処理時間やデータ数の増加は全体の処理の効率低下につながりにくくなると考えられる。

コンピュータ機器は年数が経過する毎に性能が向上し、また、価格が低下する傾向にある。この変化は、付図 6 や付図 7 に示す一般プローブデータのデータサイズや GPS 履歴点数の増加に比べるとはるかに大きいものと考えられ、年数が経過する毎に処理が効率化可能となり、より鮮度の高い配信データが作成可能になると考えられる。また、3.3.7 項でも述べたように、ヒートマップ用のデータを 13 の様式に併せて標準的に提供することも可能な状況にあり、一般プローブデータの利活用の促進に大いに寄与するものと期待している。

4. 開示した研究成果

本共同研究について開示した主要な成果は、以下の通りである。

■ 論文

- 1) 石原雅晃，奥谷正，酒井与志亜，大住雄貴，井坪慎二：ETC2.0 データを活用した時空間速度図による交通状況把握手法提案，第 35 回日本道路会議，2023.

5. おわりに

本稿では「一般プローブデータの利活用に関するニーズの把握」や「一般プローブデータを用いて交通状況を可視化する手法の提案」について示した。

「一般プローブデータの利活用に関するニーズの把握」については、地方公共団体、デベロッパーや損害保険会社へのヒアリングの結果、道路の整備効果や交通実態を把握するため、走行速度に関する配信サービスのニーズが比較的多いことを明らかにした。

「一般プローブデータを用いて交通状況を可視化する手法の提案」については、民間企業も含めた利用者が、関東圏内の高速道路や並行する直轄国道を対象に、過去の渋滞実績を簡単に検索できる Web ベースのアプリケーションを構築した。渋滞実績検索アプリケーションの対象とする道路は、一部の高速道路と、この区間に並行する直轄国道とした。利用者にとって、大型連休の帰省時などの高速道路の渋滞実績は、過去の情報であっても今年の行程計画の参考情報となり得る程度の効果があると考えられる。また、渋滞実績を可視化するための時空間速度図（ヒートマップ）の作成に要する処理時間やデータサイズも示した。

また、利用し易いデータ提供を行う別の方法として、急減速位置および加速度を描画したブレーキマップを作成する手法も取りまとめた。ブレーキマップの作成に要するデータサイズや処理時間は、時空間速度図（ヒートマップ）のものに対して、1桁小さいという知見を得た。例えば2路線2方向で1日分のデータを対象とした場合、ヒートマップでは95.98Mbytesのデータサイズの作成に7分41秒を要することに対し、ブレーキマップでは1.98Mbytesの作成に43秒の時間を要した。

なお「一般プローブデータの利活用に関するニーズの把握」において、幹線道路（高速道路や直轄国道）に加え、細街路（生活道路や商業施設周辺）も含めた活用可能性を明らかにした。細街路も含む一般プローブデータの活用方法については、国総研にて別途、以下に示す研究を行っている。

一般プローブデータには、車両の時刻毎の位置情報が収集されているが、データ処理前の位置情報は、GPSの測位精度等によって誤差を含んでいる。このため、どの時刻に地図上のどの道路のどの位置を走行したデータであるかを特定するために、補正を行う処理（以下「マップマッチング」という。）が必要となる。現在、細街路も含めたマップマッチングを短い処理時間で精度良く行うアルゴリズムを検証している。

また、全国の高速道路及び直轄国道に設置された路側機へアップリンクされた一般プローブデータを集約しているサーバ（以下「プローブ統合サーバ」という。）の改良も必要となる。幹線道路に加え、細街路も含めたマップマッチングの機能をプローブ統合サーバへ実装する際、車載器の普及状況も見据えた一般プローブデータのデータサイズの考慮も必要となる。

民間企業も含めた一般プローブデータの利活用促進のため、配信サービスが今後開始される際に、本稿により提案した内容が一助となり、配信サービスがより良いものとなれば幸いである。

参考文献

第1章

- 1) 国土交通省道路局：車と道路の双方向通信による多様な ETC2.0 サービス,
<https://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/etc2/> (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)
- 2) 国土交通省道路局：ETC2.0 より収集されるプローブ情報の収集,
<https://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/etc2/pdf/03.pdf> (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)
- 3) 道路新産業開発機構：ETC2.0 特定プローブデータ配信サービス,
https://www.hido.or.jp/distributes/about_etc/ (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)
- 4) 国土交通省：官民連携データ活用によるモビリティサービスの強化～ETC2.0 のオープン化～,
国土交通省生産性革命プロジェクト(第4版)(案), p.8, 2018.
<https://www.mlit.go.jp/common/001236885.pdf> (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)
- 5) 国土技術政策総合研究所：ETC2.0 データのオープン化に関する共同研究者を公募します, 国土
技術政策総合研究所報道発表資料 (2018 年 7 月 27 日), 2018.
<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20180727.pdf> (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)
- 6) 国土交通省道路局：ETC2.0 データを活用した新たな民間サービス案を選定！～官民連携による
データ利活用により、地域のモビリティサービスを強化します～, 国土交通省報道発表資料
(2018 年 11 月 21 日), 2018.
https://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_001098.html (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)

第2章

- 7) 水谷友彰, 井坪慎二, 鳥海大輔, 牧野浩志：ETC2.0 プローブデータ活用による災害時通行可能
ルートの把握可能性検討, 第14回 ITS シンポジウム, 2016.
- 8) 田中良寛, 金澤文彦, 澤田泰征, 佐治秀剛：道路プローブ情報の道路管理への活用に関する検
討, 土木計画学研究・講演集, Vol.49, 2014.
- 9) ITS サービス高度化機構：ETC 総合情報ポータルサイト (よくある質問),
<https://www.go-etc.jp/faq/etc2.html> (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)
- 10) 坂本堅太郎：ITS 世界会議の20年の変遷と第20回東京会議, 国際交通安全学会誌, Vol.37, No.3,
pp.73-79, 2013.
- 11) 柳内洋一, 太刀川喜久男, 中村順一, 坂本敏幸：ETC を支える無線通信方式 DSRC, 映像情報
メディア学会誌, Vol.63, No.2, pp.179-184, 2009.
- 12) 小木曾俊夫, 大竹岳, 牧野浩志：多様なシーンに機動的に対応できる可搬型 ETC2.0 路側機の
開発, 土木技術資料, Vol.59, No.4, pp.40-43, 2017.
- 13) 国土交通省道路局：全国初の ETC2.0 可搬型路側機を鎌倉に設置します～エリア観光渋滞対策
に向けデータ取得を開始～, 国土交通省報道発表資料 (2018 年 3 月 28 日), 2018.
https://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_000963.html (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)
- 14) 日本デジタル道路地図協会：デジタル道路地図の概要と役割, 2024 年 6 月入手.
<https://www.drm.jp/database/roadmap1/>

第3章

- 15) 国土交通省関東地方整備局：国道 6 号 松戸警察署前交差点及び松戸隧道交差点改良～右折レーン設置後の交通状況をお知らせします～, 国土交通省報道発表資料 (2023 年 2 月 2 日), 2023.
https://www.ktr.mlit.go.jp/kisha/kisha_00018.pdf (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)
- 16) 牧野浩志, 鹿野島秀行, 田中良寛, 佐治秀剛：ETC2.0 プローブ情報の活用方法の体系化に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol. 51, 2015.
- 17) 諸田恵士, 関谷浩孝, 高宮進, 上坂克巳：時間信頼性指標値算定マニュアル, 国総研資料, 第 790 号, 2014.
- 18) E.W. Dijkstra : A note on two problems in connexion with graphs, *Numerische Mathematik*, Vol.1, pp.269-271, 1959.

付録資料

- 19) 国土技術政策総合研究所：ETC2.0 データを用いた道路交通の見える化, 平成 27 年度国土技術政策総合研究所講演会アーカイブ,
<https://www.nilim.go.jp/lab/bbg/kouenkai/kouenkai2015/kouenkai2015.htm> (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)
- 20) ITS サービス高度化機構：Web 版 ETC 便覧 (令和 5 年度版),
<https://www.its-tea.or.jp/library/etcHandbook.html> (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)
- 21) ITS サービス高度化機構：ETC 総合情報ポータルサイト,
<https://www.go-etc.jp/etc2/index.html> (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)
- 22) ITS サービス高度化機構：ETC／ETC2.0 (DSRC) 普及状況,
<https://www.go-etc.jp/fukyu/index.html> (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)
- 23) 国土交通省道路局：ETC 利用状況の推移,
<https://www.mlit.go.jp/road/yuryo/etc/riyou/index.html> (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)
- 24) 上坂克巳, 大脇鉄也, 松本俊輔, 古川誠, 水木智英, 門間俊幸, 橋本浩良：交通調査基本区間標準・基本交差点標準, 国総研資料, 第 666 号, 2012.
- 25) 国土交通省道路局：ETC2.0 施策活用 (災害対策),
<https://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/etc2/pdf/07.pdf> (閲覧年月日：2024 年 9 月 4 日)

付録資料

本稿の付録として、以下を添付する。

付録資料 1 一般プローブデータに関する状況

付録資料 1 一般プローブデータに関する状況

1. 一般プローブデータに関する整備状況

1.1. ETC2.0 の概要

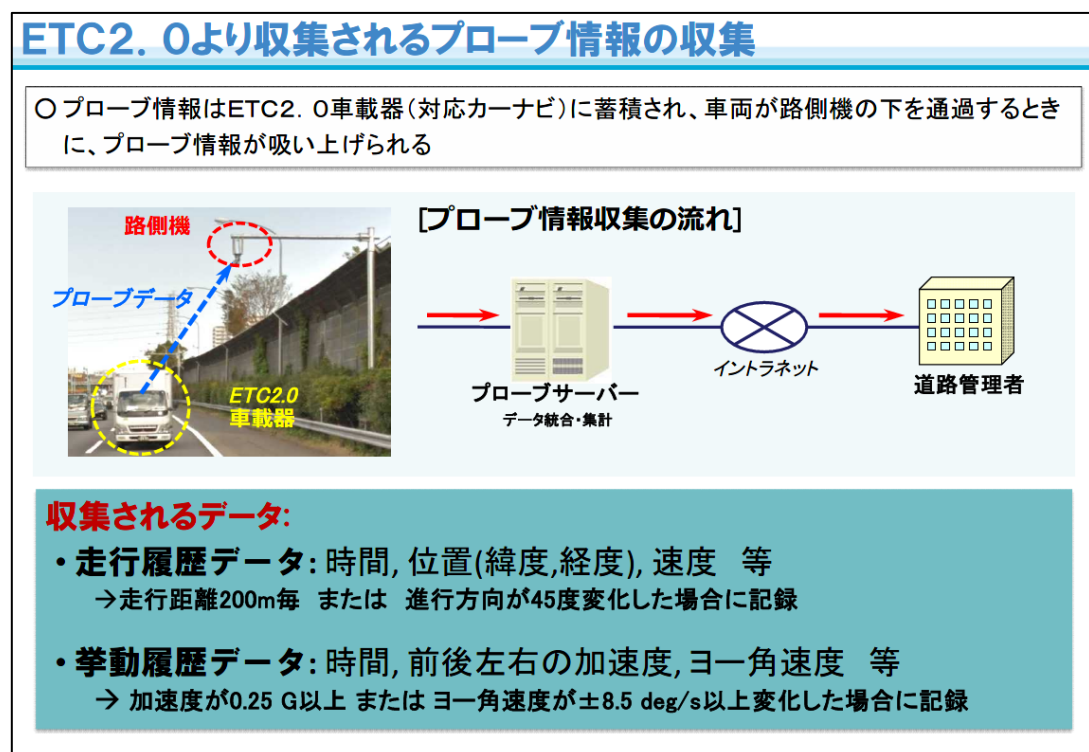
本来、「ETC : Electronic Toll Collection System」は自動料金収受の機能であった。

ETC2.0 は、本来の自動料金収受の機能に加えて、情報収集や情報提供を行えるようにサービスを発展させたものである。

車両に搭載された車載器において記録された GPS による測位点や速度などを記録した ETC2.0 プローブデータ（付図 1 を参照）は、渋滞箇所の把握や生活道路の安全対策、災害時の通行実績把握等、道路利用実態を明らかにするために利用している。ETC2.0 のサービスは、平成 23 年（2011 年）1 月より順次サービスが開始されている。

ETC2.0 は、これまでの ETC と比較し、大量の情報の送受信が可能であること、経路情報の把握も可能となることなど道路利用者や道路政策にも多様なメリットをもたらすシステムである。最大 1000 km 分の道路交通情報をはじめ、簡易図形情報の提供や前方状況のカメラ画像の静止画での配信等が行われている（付図 2 を参照）。

また、路側機で車載機が情報を蓄積し、特定の場所でドライバーに情報提供することが可能であり、高速道路上のすべての道路がサービス対象である。

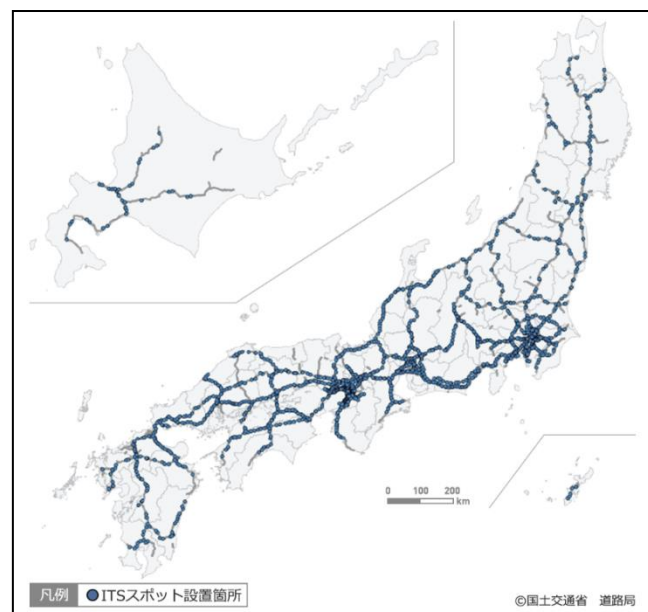
付図 1 ETC2.0 プローブデータの収集²⁾

付図 2 ETC2.0 による情報提供・運転支援サービス ¹⁹⁾

1.2. 路側機の設置状況

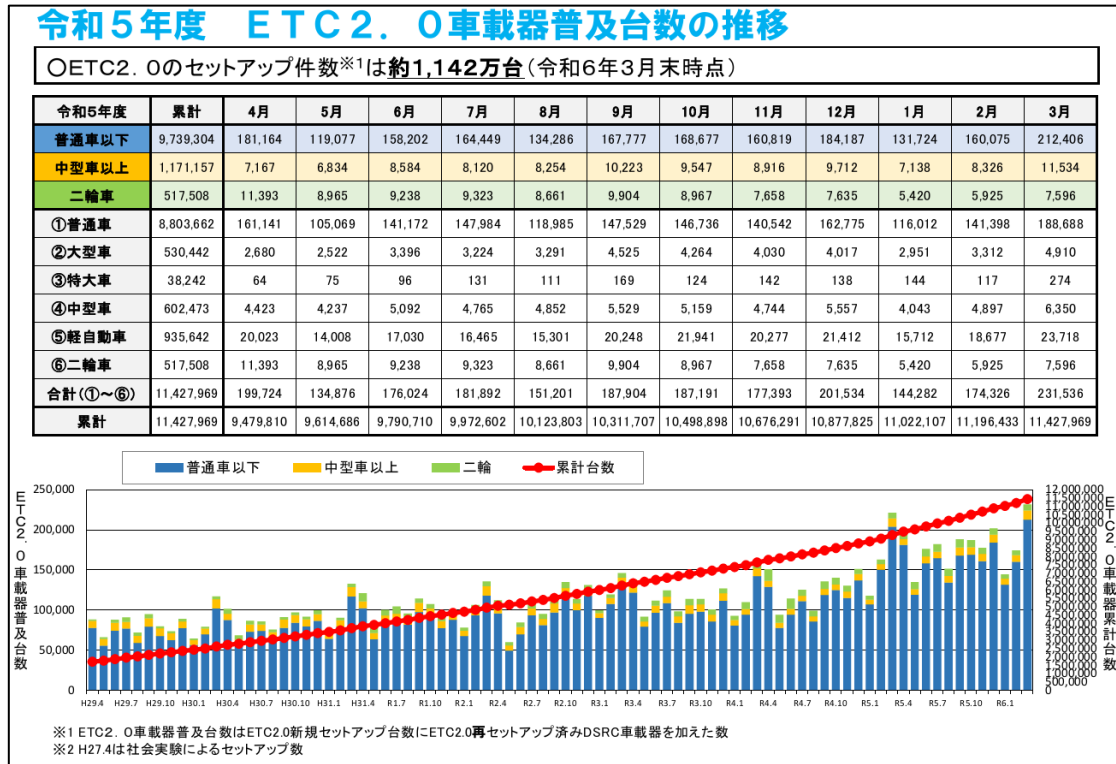
路側機は、2011 年（平成 23 年）1 月のサービス開始以降、全国的高速道路及び直轄国道等に設置されており、その設置数は令和 5 年 4 月時点で高速道路では約 1,800 か所、直轄国道では約 2,400 か所となっている ²⁰⁾。

また、全国的高速道路上の路側機（「ITS スポット」と称する場合がある）を付図 3 に示す。

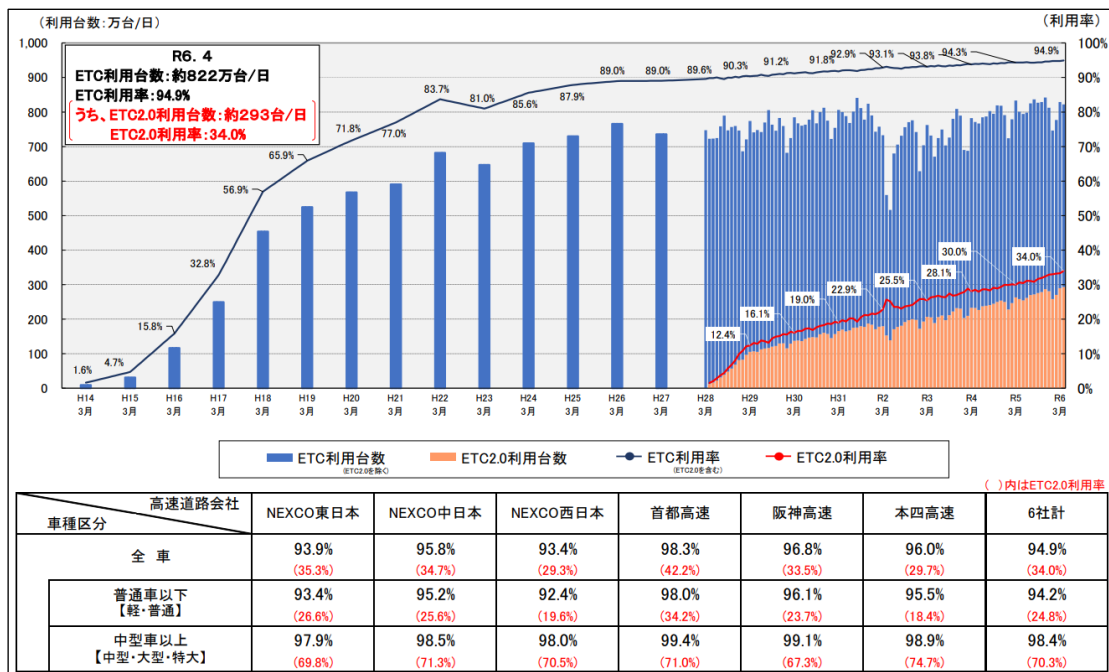
付図 3 全国の高速道路上の路側機の設置箇所 ²¹⁾

1.3. 車載器の普及状況

2024年（令和6年）3月末時点で車載器のセットアップ件数は約1,142万台としている。車載器普及台数の推移を付図4に示す。車載器の本格販売以降、極端なセットアップの増加は見られないが、普及台数は現在も増加傾向である。

付図4 車載器普及台数の推移²²⁾

また、高速道路会社6社におけるETC2.0利用率は付図5に示すように増加傾向にあり、2024年（令和6年）4月時点で34.0%である（ETC利用率は94.9%）。

付図5 ETC/ETC2.0利用率²³⁾

1.4. ETC2.0 プローブデータについて

車載器において取得された ETC2.0 プローブデータには、車両がいつ、どこにいたかという位置や時刻情報、車種などの個別車両の基本情報、速度や加速度といった情報が含まれている。取得されるデータの内容例を付表 1 に示す。

付表 1 ETC2.0 プローブデータの内容（例）

項目	内容
時刻	車両がその地点にいた時の時刻情報
位置（緯度・経度）	車両の位置情報
自動車の種別	軽二輪、大型、普通、小型、軽自動車、その他
自動車の用途	乗用、貨物、特殊、乗合、その他
速度	車両の速度（km/h 単位）
加速度	急ブレーキ等が発生した際の加速度情報

取得した ETC2.0 プローブデータは、一部で統計処理等を行ったうえで、13 の様式を作成し保管している。各様式の内容とデータ量の割合を付表 2 に示す。なお、様式 2-1～様式 2-4 に含まれる DRM の定義については、3.2.1 項で示す。様式 2-5～2-7 に含まれる交通調査基本区間とは、区間設定を各種の調査区間の最小単位とし、各調査結果の相互利用、分析及び集計が容易となる区間である²⁴⁾。

付表 2 ETC2.0 プローブデータの様式とデータ量の割合（2024 年 1 月データ）

分類	様式	様式名	主な内容	データ割合
個車情報	1-1	基本情報	個車のナビメーカ情報、アップリンク単位、車種情報（種別、用途）	0.2%
	1-2	走行履歴情報	個車の 200m 毎の緯度経度	73.8%
	1-3	トリップ(連続移動判定)情報	個車の同一日単位のトリップ数	1.2%
	1-4	挙動履歴情報	個車の急挙動(前後加速度、左右加速度、ヨー角速度)時の大きさと緯度経度	1.3%
DRM 区間単位 処理結果 (都道府県・ 政令市道のみ)	2-1	DRM リンク単位 車両別旅行時間	DRM リンク単位の個車の 日毎の平均旅行時間・速度	24.8%
	2-2	道路プローブ DRM 区間単位 15 分 単位 平均旅行時間旅行速度	DRM リンク単位に集計した 日毎の 15 分単位の平均旅行時間・速度 およびデータ数	1.8%
	2-3	道路プローブ DRM 区間単位 時間帯別平均旅行時間旅行速度	DRM リンク単位に集計した 日毎の 1 時間単位の平均旅行時間・速度	0.3%
	2-4	道路プローブ DRM 区間単位 月平均旅行時間旅行速度	DRM リンク単位に集計した 月毎の 1 時間単位の平均旅行時間・速度	0.0%
交通調査基本 区間単位 処理結果 (都道府県・ 政令市道のみ)	2-5	道路プローブ交通調査基本区間単位 15 分単位平均旅行時間旅行速度	交通調査基本区間単位に集計した 日毎の 15 分単位の平均旅行時間・速度	0.2%
	2-6	道路プローブ交通調査基本区間単位 時間帯別平均旅行時間旅行速度	交通調査基本区間単位に集計した 日毎の 1 時間単位の平均旅行時間・速度	0.0%
	2-7	道路プローブ交通調査基本区間単位 月平均旅行時間旅行速度	交通調査基本区間単位に集計した 月毎の 1 時間単位の平均旅行時間・速度	0.0%
プローブ データ受信 情報	3-1	プローブ成功率	各路側機の日毎プローブ収集台数と 送信回数	0.0%
	3-2	ASL-ID プローブデータ詳細情報	各路側機の設置道路種別・車線数、 機器メーカ、プローブデータ数等	0.2%

2. ETC2.0 プローブデータの取得状況

全国的高速道路及び直轄国道に設置された路側機へアップリンクされた ETC2.0 プローブデータは、プローブ統合サーバに集約されている。本項では、集約された ETC2.0 プローブデータを元に、現状の ETC2.0 プローブデータの取得状況を示す。

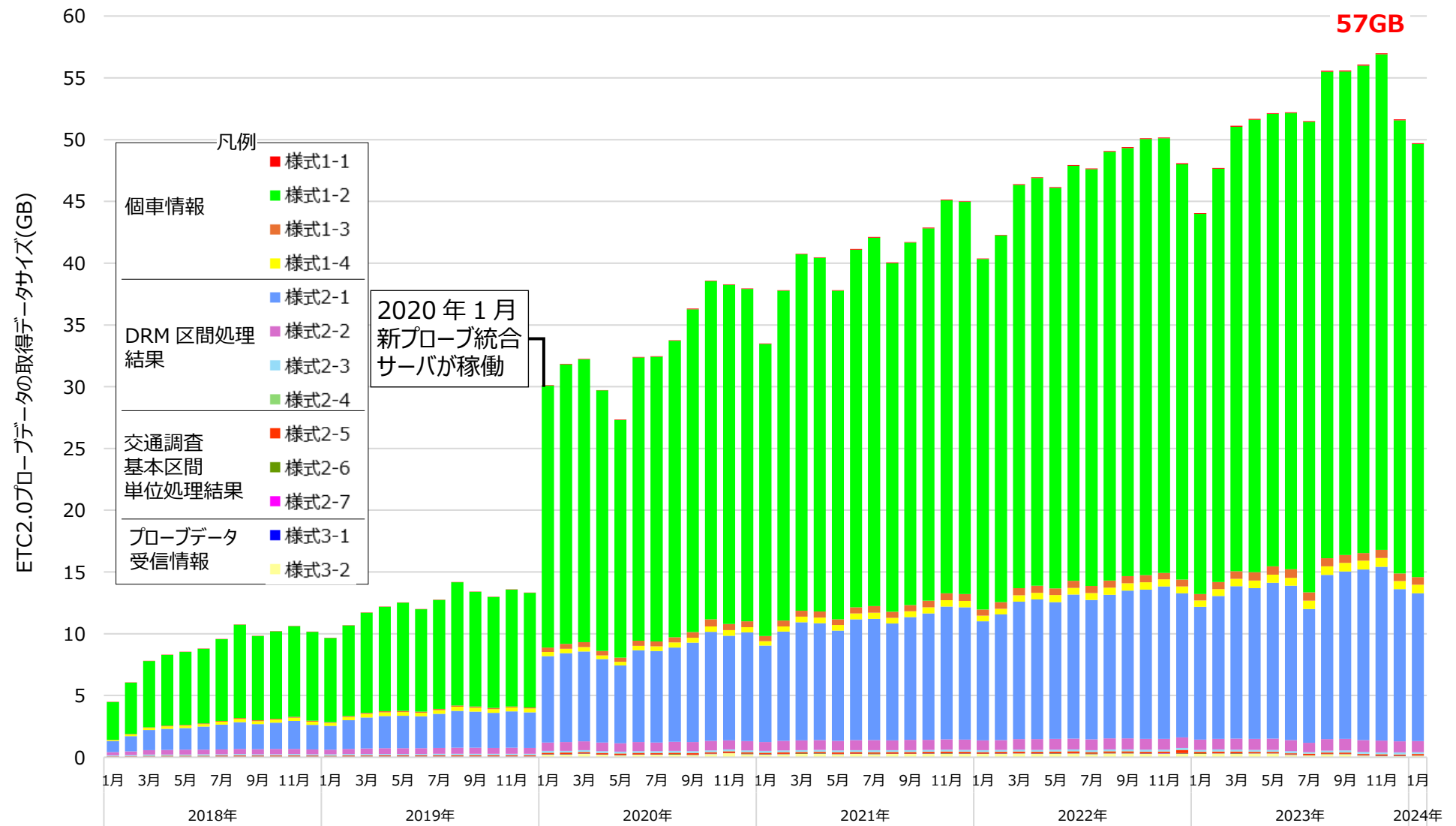
2.1. ETC2.0 プローブデータの取得データサイズ

2018 年 1 月から 2024 年 1 月までを対象に、一か月分の ETC2.0 プローブデータの総ファイルサイズをその月の日数で除した 1 日当たりの平均データサイズの推移を付図 6 に示す。ETC2.0 プローブデータを構成する 13 の様式（付表 2 を参照）が占める割合も示している。

2020 年 1 月から新たなプローブ統合サーバが稼働し、ナビ連動型車載器に加えて発話型車載器からもデータが取得できるようになった。付図 6 により、2020 年 1 月からデータサイズが急増していることが確認できる。

また、2023 年 11 月分では 1 日あたりのデータサイズは 57Gbytes となり、今後の車載器の普及に伴い、データサイズは引き続き増加していくと考えられる。

なお、2020 年 4～5 月、2021 年 1 月、5 月、8 月はコロナ対策緊急事態宣言、2022 年 1～2 月はまん延防止等重点措置の影響により、アップリンク台数が減りデータサイズが減少したと考えられる。



付図6 ETC2.0 プローブデータの取得データサイズの推移（日平均）

2.2. GPS 履歴点数の推移

車種別に GPS 履歴点数を算出するにあたり、配信実験 PC の大型車、小型車の分類を行った。付表 3 に示す通り、大型車は（種別；大型／用途；乗用、貨物、特殊）または（種別；普通／用途；貨物、特殊）、小型車は（種別；普通／用途；乗用）または（種別；小型／用途；乗用、貨物、乗合）とした。

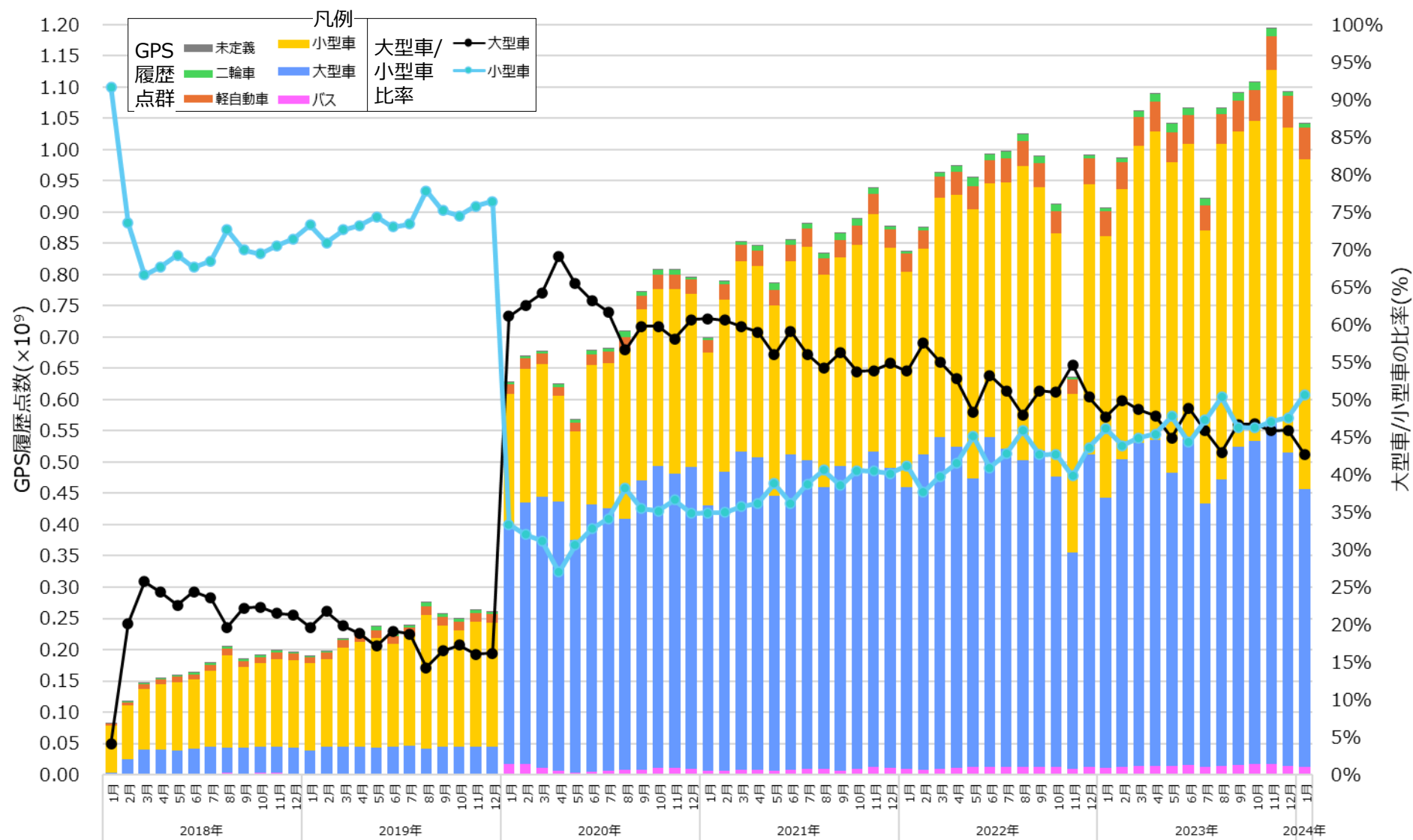
次に、2018 年 1 月から 2024 年 1 月までを対象に、車種別の月平均 1 日当たりの GPS 履歴点数を付図 7 に示す。これより、1 日当たりの GPS 履歴点数は 11~12 億点で、車種別では小型車と大型車がほぼ同じであり、大型車のデータを豊富に取得できることが ETC2.0 プローブデータの特徴である。

なお、2020 年 4~5 月、2021 年 1 月、5 月、8 月はコロナ対策緊急事態宣言、2022 年 1~2 月はまん延防止等重点措置の影響により、アップリンク台数が減少したと考えられる。

付表 3 車種分類

		自動車の用途				
		乗用	貨物	特殊	乗合	未定義
自動車の 種別	軽二輪	二輪車	二輪車	二輪車	二輪車	未定義
	大型	大型車	大型車	大型車	バス	未定義
	普通	小型車	大型車	大型車	バス	未定義
	小型※	小型車	小型車	小型車	小型車	未定義
	軽自動車	軽自動車	軽自動車	軽自動車	軽自動車	未定義
	未定義	未定義	未定義	未定義	未定義	未定義

※機器識別子が 8（二輪車用 GPS 付き発話型車載器）で軽二輪車でないものは二輪車とする。



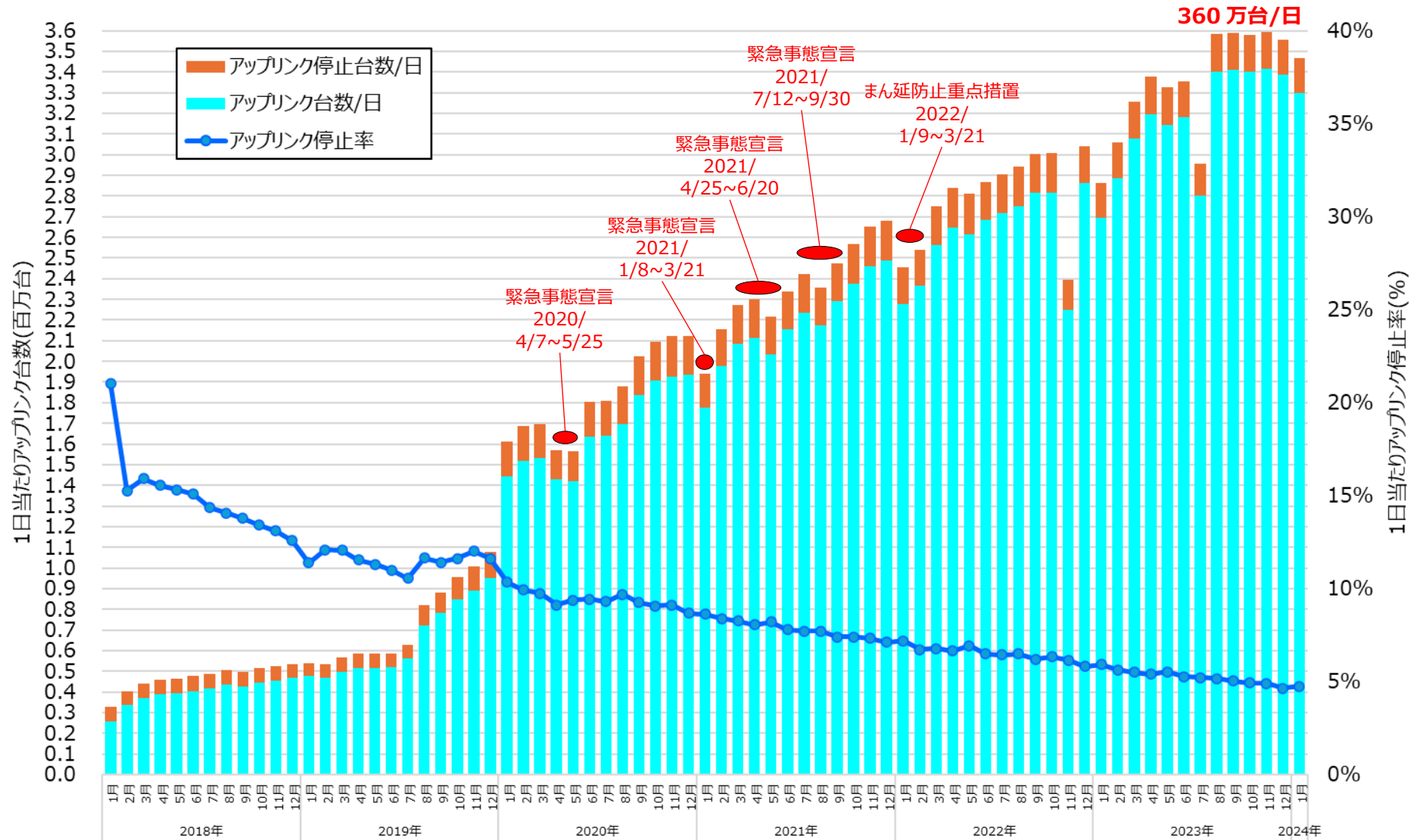
付図7 ETC2.0 プローブデータの GPS 履歴点数(様式 1-2)の推移 (日平均)

2.3. アップリンク台数・停止率の推移

車載器の設定により、アップリンクを停止することが可能である。2018 年 1 月から 2024 年 1 月までを対象に、月平均で 1 日当たりのアップリンク台数・停止率を付図 8 に示す。停止率(%)は、アップリンク停止台数を（アップリンク台数+アップリンク停止台数）で除して求める。これより、2023 年 11 月時点でアップリンク台数は 1 日当たり 360 万台、アップリンク停止率は 5%程度であることが分かる。多くの車両から ETC2.0 プローブデータの提供に協力していただいていることが伺える。

なお、2020 年 4～5 月、2021 年 1 月、5 月、8 月はコロナ対策緊急事態宣言、2022 年 1～2 月はまん延防止等重点措置の影響により、アップリンク台数が減少した可能性がある。

2020 年 1 月からは、新たなプローブ統合サーバの稼働に伴い、アップリンク台数が増加していることが確認できる。



付図8 アップリンク台数・停止率の推移（日平均）

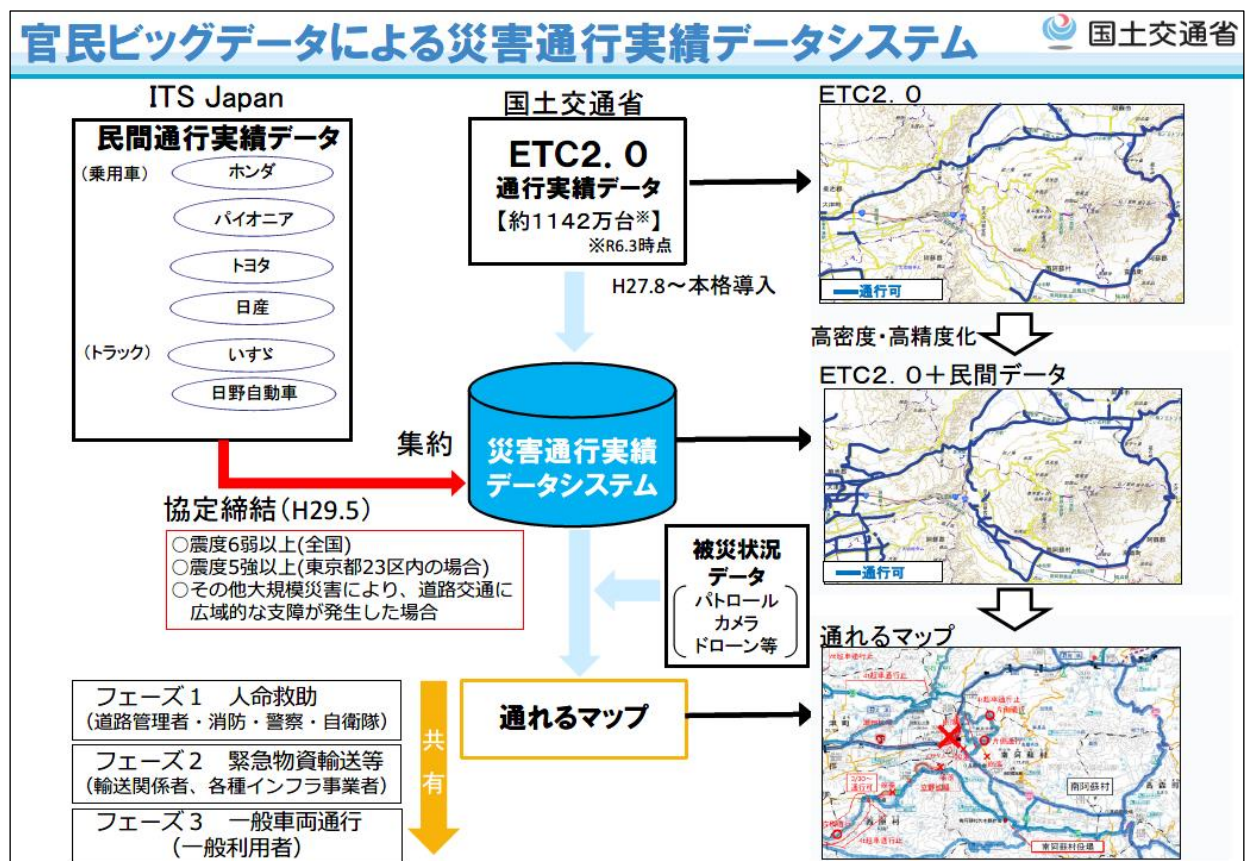
3. 一般プローブデータの活用状況

ETC2.0 プローブデータは、第1章で示したとおり、別の車両が特定できないよう集計した一般プローブデータと、車両保有者の同意を得た上で個々の車両を特定できるようにした特定プローブデータの2種類に分けられる。

一般プローブデータは、道路管理者によって、渋滞箇所の把握や生活道路の安全対策、災害時の通行実績把握等に活用されている（例えば付図9を参照）。

一方で、特定プローブデータは、特殊車両の経路確認や訪日外国人のレンタカー事故対策等で活用されるとともに、車両の運行管理支援を目的とした配信事業「ETC2.0 特定プローブデータ配信サービス」³⁾として提供されている。「ETC2.0 特定プローブデータ配信サービス」は国土交通省に代わって配信事業者が自社車両の運行管理等を行いたい民間企業へ特定プローブデータを配信するものとなっている。

このように、特定プローブデータを民間企業等の外部連携（外部提供）する仕組みが構築されているが、一般プローブデータについては、道路管理者内での活用に残っている。



付図9 一般プローブデータの通行実績データシステムへの活用 ²⁵⁾

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

N o . 1297

October 2024

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675