

全車両走行軌跡データの利活用実態を通じた

ZTD プロジェクトの有益性と課題

阪神高速道路(株)計画部調査課 飛ヶ谷 明人
阪神高速道路(株)計画部調査課 片岡 佑太
阪神高速道路(株)計画部調査課 松尾 悠

要 旨

全車両走行軌跡データ（以下、軌跡データ）の取得が始まってから約 9 年が経過した。得られた軌跡データは渋滞対策や安全対策に活用され、軌跡データの外部利活用プロジェクト“Zen Traffic Data”（以下、ZTD）も 2018 年 8 月にスタートし、様々な企業・大学等によってそのデータは利活用されてきている。

本論文では阪神高速における軌跡データの生成過程や渋滞対策立案へのプロセスをとりまとめるとともに現状の課題について述べる。また、ZTD の利用申請案件や利用者からのフィードバックを通じてプロジェクトの有益性と課題についても論じる。

キーワード: 車両走行軌跡, Zen Traffic Data, 渋滞

はじめに

軌跡データの取得は、2016 年 11 月に 11 号池田線上り塚本合流部付近を先頭として、上流側約 2 km の照明柱に連続してカメラ約 40 台を設置したところから始まった。その後、得られた映像データから軌跡データを生成し、そのデータを用いて渋滞対策を立案するとともに、軌跡データの外部利活用 ZTD プロジェクトも 2018 年 8 月にスタートさせた。世界的にも貴重な全走行車両の車両軌跡データベースのオープンデータ化は、新たな知見や技術の創出を加速させ、様々な企業・大学等によって利活用されてきている。

今まで、個々の撮影地点の渋滞要因分析や対策に関する論文は存在するものの、軌跡データ生成から渋滞対策立案プロセスや ZTD プロジェク

トの成果について包括的に取りまとめた論文は未だない。

そこで、本論文では阪神高速における軌跡データの生成過程や渋滞対策立案へのプロセスをとりまとめるとともに、軌跡データ活用の課題について述べる。また、ZTD データの利用申請案件や利用者からのフィードバックのレビューを通じて、プロジェクトの有益性や課題についても論じる。

1. 軌跡データの概要

1-1 走行映像データの取得

まず、走行映像データを取得するため、カメラを連続して対象区間内の照明柱に設置する（図-1）。設置にあたっては、軌跡データを生成する際にカメラ間で同一車両と認識しやすくするため、隣接するカメラの撮影範囲が重複するように配置

する（図-2）. その上で、渋滞要因分析対象区間を網羅しつつ、可能な限り長い区間を撮影できるようにカメラ配置計画を立案して撮影を行う。

1-2 各カメラの軌跡データの生成

得られた車両走行映像から機械学習を用いた画像解析処理によって 0.1 秒ごとに車両を検出・追跡し、カメラ毎に軌跡データを生成する。車両検出の際は、車両の後方から撮影した画像における「車両背面」および「車両全体」の特徴を検出しており、背面検知枠の下辺中央が車両軌跡となる（図-3）。また、追跡処理においては、車両検出が不十分だった場合（例えば、他車両に隠れてしまった場合等）に備え、車両の移動予測技術や断片的な軌跡データからの補完等に、様々な技術を組み合わせて追跡を行う。さらに、交通流と明らかに異なる挙動をしている誤検出データのクレンジングを行い、カメラ毎の軌跡データが生成される。

1-3 軌跡データの生成（カメラ間結合）

得られた各カメラの軌跡データを結合することで全車両走行軌跡データとなるが、40 台のカメラの車両軌跡結合は極めて困難な作業である。

前述した撮影重複エリアや正確なカメラ間の時刻同期、車両の特徴量等を踏まえて精度向上を図りつつ、カメラ間の軌跡データを結合していく（図-4）。こうして、時刻や緯度経度、速度等の基本情報が付与された軌跡データが生成される。さらに標高・線形属性（縦横断勾配、曲率）・相互の位置関係情報を付与し、3次元全車両走行軌跡データが完成する。

1-4 軌跡データの公開

これまでに作成された軌跡データのうち、一部のデータについては外部公開しており、一定の利用条件を満たした大学や企業等の研究機関に無償で提供している。

現時点で3箇所（MORI 9 BASE）のデータが公開されており、各車両の走行車線情報や車種、車長が含まれる。このデータの特徴として、全車両の軌跡データもさ

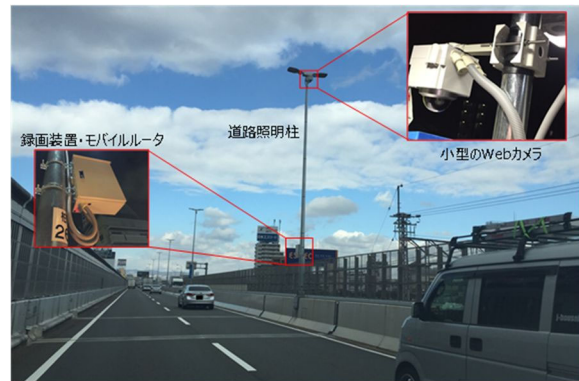


図-1 走行映像データ撮影風景



図-2 走行映像データからの車両検出

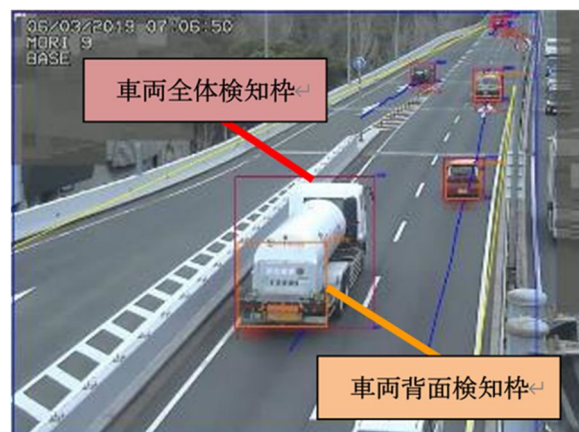


図-3 走行映像データからの車両検出

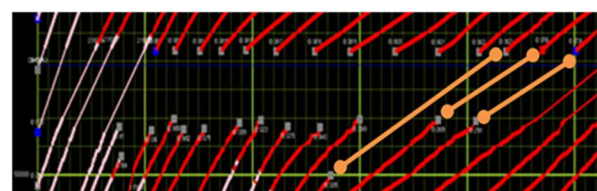


図-4 軌跡データ結合のイメージ

ることながら、全車両の車長もおさえているため、周辺車両との本当の車間距離を算出でき、リアルな交通状況を再現可能な点が挙げられる。

2. 軌跡データを用いた分析と対策

2-1 軌跡データの可視化

軌跡データはそのままでは情報を持った点列データであるため、渋滞要因分析にあたっては可視

化することが必要となる。図-5 に可視化した車両軌跡図（4号湾岸線上り三宝付近の事例）を示す。縦軸にキロポスト（距離）、横軸に時間を取り、車線変更位置等を着色して交通状況を可視化する。

これにより、車線変更位置、速度低下を引き起こす要因となるボトルネック位置、下流側の速度低下が上流側に伝播するショックウェーブの状況を把握することが可能となる。

2-2 4号湾岸線上り三宝付近の事例

前述した車両軌跡図（図-5）を用いて4号湾岸線上り 5.2 kp～6.9 kp の区間（図-6）の渋滞要因分析を行った。分析結果から、主に2点の要因によって渋滞が発生していることが確認された。

第一に、サグ部（5.6 kp, 6.1 kp 付近）において車両速度が低下し、下流へ向けてショックウェーブが伝播することで渋滞が進展する事例が多数確認された。

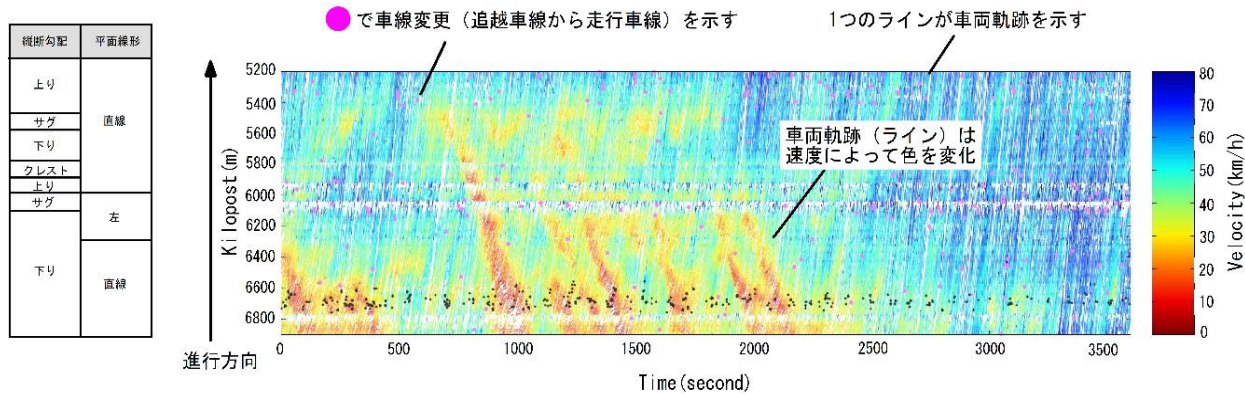
第二に、大浜ランプとの合流部において、合流

直後（6.3 kp～6.7 kp 付近）に速度回復が不十分な車両が存在し、それが局所的な速度低下を引き起こし、ショックウェーブを誘発していることが確認された。

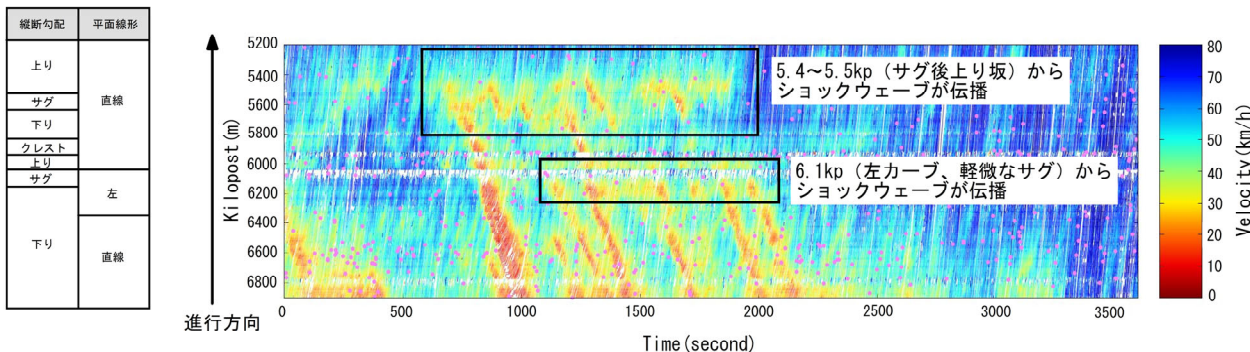
そのため、渋滞対策として、速度回復の促進とドライバーへの情報提供を中心とした対策を実施した。具体的には、大浜ランプ合流前から上り勾配終点（5.1 kp～7.4 kp）にかけて、合流後やサグ通過時の走行速度を速やかに回復させることを目



図-6 4号湾岸線上り 5.2 kp～6.9 kp



(a) 走行車線



(b) 追越車線

図-5 可視化した交通状況（車両軌跡図）

的として、速度回復誘導灯を設置した（図-7）。さらに、ドライバーに対して速度回復を促す注意喚起として、サグ部直前で ETC2.0 による情報提供（5.6 kp）も行うこととした（図-8）。

このような定量的なデータに基づいた渋滞区間全体の包括的な渋滞対策を立案できることが軌跡データを用いた分析の特徴であり、従来の車両検知器を用いた断面的な分析では捉えきれない渋滞現象が捕捉可能となる。

2-3 11号池田線入り塚本合流部付近の事例

前節の事例はあくまで視覚的に交通状況进行分析した事例だったが、本節ではさらに1歩進んで、渋滞メカニズムをモデル化することに取り組んだ事例を挙げる。

分析対象区間は11号池田線入り3.0 kp～5.1 kp（図-9）であり、ショックウェーブの観測結果を基にロジスティック回帰モデルを用いて、ショックウェーブ発生モデルの構築を試みた。以下に構築したモデル式を示す。

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_p x_p)}} \quad (1)$$

P ：ショックウェーブが発生する確率

b_0 ：定数

b_p ：各説明変数に対応する回帰係数

x_p ：説明変数

説明変数は軌跡データから得られた交通密度や時空間平均速度、大型車混入率や車線変更等を採用した。

分析の結果、塚本合流直後では交通密度が高く、時空間平均速度が小さい状況（混雑している状況）において、合流車両が多いとショックウェーブ発生確率が増加するが、交通密度に差異（粗密）があるほど、ショックウェーブ発生確率は減少することがわかった。つまり、塚本合流部からの渋滞が定着する前の、交通密度が飽和状態にない状態（まだ、本線上で車両同士のクッションが効いている状態）での塚本入口車両の流入制御措置の効果が高いのではないかと推察された。



図-7 速度回復誘導灯の設置状況

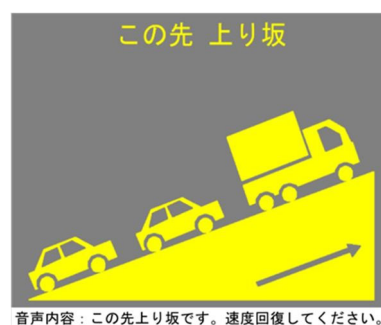


図-8 ETC2.0による情報提供

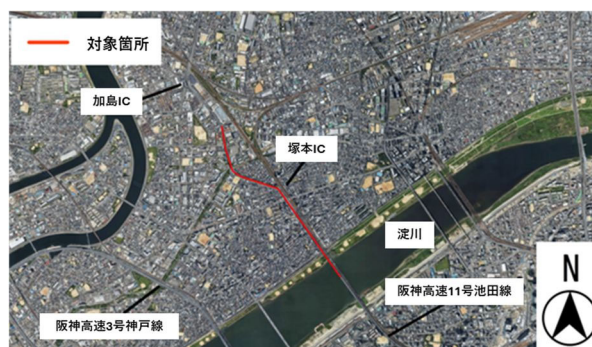


図-9 11号池田線入り3.0 kp～5.1 kp

2-4 軌跡データの活用における課題

前節までに阪神高速における軌跡データの活用事例について紹介した。軌跡データは交通状況を定量的に可視化可能であるという点で極めて優れたデータであるものの、課題もある。

撮影された全車両を軌跡化するためには多くの労力を要する。そのため、今後は真に必要なデータを見極めたうえで、効率的にデータ生成を行うことが望ましい。加えて、プローブデータ等を組み合わせることで、分析の簡略化を実現することも考えられる。また、今まで渋滞要因分析に重点を置いて軌跡データを作成してきてお

り、渋滞対策効果の検証にはあまり用いてこなかった。今後は効果検証等に効率的に用いることでPDCAサイクルの高度化に寄与すると考えられる。

3. ZTDの申請内容に関する分析

前章までは阪神高速内部における軌跡データの活用について述べた。本章以降では阪神高速外部の利活用事例について分析を行う。

3-1 ZTDの利用申請実績

本節ではZTDの運用を開始してから現在までのデータ利用申請の結果について詳述する。表-1に2018年9月から2025年5月までの利用申請実績を示す。合計の申請件数は141件となっており、国内81件（約57%）、海外60件（約43%）となっており、国内の利用申請が多い。また、企業等からの申請は国内・海外合わせて33件（約23%）、大学等からの申請は108件（約77%）であり、一般的に企業等よりも大学等に多く活用されている。

続いて、図-10に国内・海外の利用申請実績を2018年度～2024年度まで年度単位で時系列に整理した。国内の申請件数はコロナ禍であった2020年度の3件を除き、概ね9件～15件で推移している。一方、海外からの申請件数は徐々に増加しているようにも見え、2024年度には過去最高の19件の申請件数を記録している。このことから日本国内だけでなく、論文発表等を通じて海外からもある程度認知されているものと考えられる。

図-11に海外の大学等からの利用申請件数58件の国別内訳を示す。中国が32件（約55%）と突出した申請件数となっており、続いて、アメリカ4件（約7%）、カナダ3件（約5%）、オーストラリア3件（約5%）となっている。中国以外は大きな偏りもなく、北米やヨーロッパ等、様々な国から申請がなされている状況である。

3-2 ZTDデータの利用目的

本節ではZTDデータの利用目的について利用

表-1 ZTD データ利用申請実績

	国内	海外	計
大学等	50	58	108
企業等	31	2	33
計	81	60	141

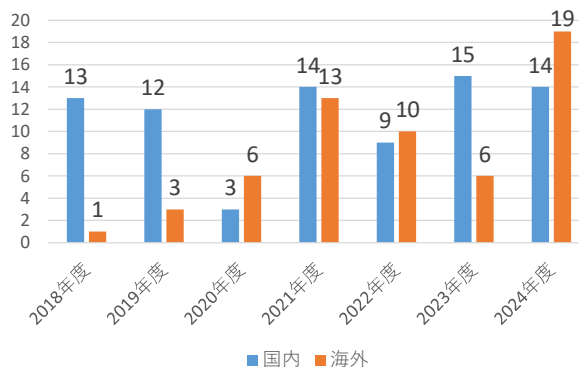


図-10 ZTD データ利用申請実績（時系列）

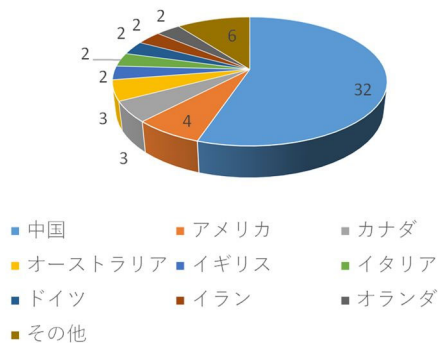


図-11 ZTD データ利用申請実績（国別）

表-2 ZTD データ申請時の利用目的

	個別車両関連				交通流動関連		その他	合計
	合流	車線変更	追従	挙動	交通流	シミュ※		
渋滞	1	5	5	9	12	9	5	46
安全	7	9	4	7	14	9	6	56
渋滞&安全	1	1	1	1	4	4	1	13
その他	9	7	11	10	22	9	14	82
合計	18	22	21	27	52	31	26	197

※シミュレーション

申請実績から集計した結果について詳述する。表-2に前述の141件の申請実績を利用目的別に集計した結果を示す。なお、1件の利用申請実績に複数の利用目的が存在することもあるため、合計値は141件とは一致しない。表中の数値は、申請時の利用方法の記載における、各キーワードの有無を集計している。なお、「渋滞」は「渋滞」もしくは「混雑」という記載があったもの、「安全」

は「安全」もしくは「事故」という記載があったものをカウントしている。「その他」はキーワードの記載が無かったものを示している。

まず、「渋滞」と「安全」に大別した場合、「渋滞」が46個、「安全」が56個あり、「安全」のほうがやや多い結果となっている。

また、どちらのワードも記載がなかったもの（その他）の中では「モデル」というワードが40個含まれており、様々なモデルの検証に利用されていると考えられる。その他として「自動運転」や「学習」といったワードも散見され、ディープラーニングや自動運転の研究に利用されている様子が伺えた。

続いて、個別車両に関連するキーワード（合流、車線変更、追従、挙動）は計88個、交通流動に関連するキーワード（交通流、シミュレーション）は計83個とほぼ同等となっており、マイクロ・マクロの両視点から利用申請がなされているように見える。

キーワード単独では「交通流」が計52個と多く、ZTDデータは全ての車両軌跡データが捕捉されているため、交通流予測や交通流モデルの検証等に適したデータであると申請者から認識されていることが伺える。

4. ZTDデータの利活用に関する分析

本章ではデータを提供してフィードバックを受けた実績を基に、プロジェクトの有益性や課題について述べる。

4-1 海外や企業等からのフィードバック実績

前述した利用申請141件のうち、14件の申請者からフィードバックを受けた。フィードバック件数は特許1件と論文47件であった。そのうち、企業からのフィードバックは特許1件と論文3件、海外の大学からのフィードバックは論文1件であり、残りの論文43件は国内の大学からのフィードバックであった。

企業からのフィードバックが少ない理由につい

ては、企業は各社の研究の検証データとして用いられることが多く、論文等の外部発表に直結しづらいことや、成果（製品）となるまで時間を要すること等が理由として考えられる。

また、海外の大学からのフィードバックが少ない理由は申請者が学生である場合も多く、卒業や研究内容の変更等によりフィードバックがなされないケースがある可能性や、前述の通り、近年、申請が増加しつつあるため、今後フィードバックが増加するのではないかと推察される。

本プロジェクトの目的として「阪神高速の道路交通マネジメントの発展とプレゼンスの向上」を掲げており、その中の具体的な目標として「新技術の効率的収集」や「外部との関係構築」が挙げられる³⁾。

「新技術の効率的収集」について、例えば佐野ら⁴⁾は、ZTDデータの分析結果から速度低下・回復過程から追従応答性の関係を分析した上で、追従応答性を高めた（追従遅れ対策を織り込んだ）ACC（Adaptive Cruise Control）車両を20%以上投入することで安定して交通流を円滑化できることを示しており、自動運転車両の社会貢献性について最新の知見が得られている。

一方、「外部との関係構築」においては過去に実施したZTDデータを利用した組織へのアンケート結果で、回答数の88%（国内11組織（うち企業等が2組織）、海外4組織（うち企業等が2組織））が事務局からのヒアリングに対して「可能」、もしくは「相談があれば検討してもよい」と回答しているにも関わらず、民間企業や海外組織へのヒアリング等を積極的に実施できていない。組織的な外部との関係構築は今後の課題と考えられる。

4-2 国内の大学からのフィードバック実績

国内の大学からのフィードバック件数は前述の通り、論文43件と豊富にある。

例えば、服部ら⁵⁾は11号池田線塚本上りのZTDデータを利用し、車線利用率と交通渋滞状況の関係を整理した上で、臨界状態付近において追越車

線利用率を増やすことにより区間全体の旅行時間の減少につながる可能性を提示している。また、戸松ら⁹⁾は13号東大阪線森之宮下りのZTDデータを利用し、阪神高速の渋滞対策である速度回復誘導灯の効果を定量的に整理した。

このような研究は面的に全ての車両軌跡を捉えたZTDデータの特性を生かした研究であり、渋滞対策として動的車線制御の可能性を見出し、速度回復誘導灯の効果の可視化に貢献する等極めて有益な知見が提供されている。

5. まとめ

本稿では軌跡データの利活用の実態について阪神高速内部・外部の実績を基に取りまとめた。その結果、軌跡データは阪神高速内部・外部ともに極めて有益ではあるものの、データ生成の効率化や企業等との関係構築という点においては改善の余地があることも明らかとなった。そのため、映像を車両軌跡化する分析期間の短縮や目的に合っ

た精度でのデータ生成、プローブデータ等との組み合わせによる分析の簡略化、申請者への能動的な働きかけを行うこと等が対応策として考えられる。

今後、軌跡データの持続的な運用手法の検討や、フィードバックを活用した渋滞現象の定量化の試み等、引き続き検討を続けていきたい。

参考文献

- 1) 阪神高速道路株式会社：Zen Traffic data, <https://zen-traffic-data.net> (2026年4月3日閲覧)。
- 2) 藤岡昌俊, 河本一郎：全車両軌跡データ(ZTD)の概要および渋滞分析の実例, 機関紙「交通工学」, Vol.58, No.2, pp.20-23, 2023.
- 3) 兒玉ら：付加価値の高い保有データのオープン・データ化を通じた知財戦略, 阪神高速道路株式会社「技報」, No.29, pp.129-140, 2018.
- 4) 佐野ら：都市高速における追従応答性を考慮した車両制御技術の適用可能性に関する研究, 第64回土木計画学研究発表会・講演集, 2021.
- 5) 服部ら：都市高速道路合流部における車線利用率と旅行時間の関係に関する研究, 交通工学論文集, 第8巻, 第2号(特集号A), pp.A_159-A_168, 2022.
- 6) 戸松ら：全車両走行軌跡データを用いた走光型視線誘導システムの追従挙動への影響評価, 交通工学論文集, 第11巻, 第2号(特集号A), pp.A_92-A_99, 2025.

UTILIZATION OF VEHICLE TRAJECTORY DATA AND BENEFITS AND ISSUES RELATED TO ZTD PROJECT

Akito HIGATANI, Yuta KATAOKA and Yu MATSUO

Collection of all vehicle trajectory data began approximately nine years ago, and the continuously compiled data has been effectively used particularly in traffic congestion analysis. An open-data project “Zen Traffic Data” was launched in August 2018 to allow various companies and universities to use the data for diverse applications.

This paper summarizes the process from generation of vehicle trajectory data on the Hanshin Expressway to development of congestion and safety measures, including current issues. Furthermore, we discuss the benefits and concerns related to the project by reviewing the applications filed for use of the ZTD and the feedback from the users.

飛ヶ谷 明人



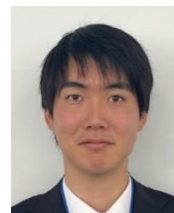
阪神高速道路株式会社
計画部 調査課
Akito HIGATANI

片岡 佑太



阪神高速道路株式会社
計画部 調査課
Yuta KATAOKA

松尾 悠



阪神高速道路株式会社
計画部 調査課
Yu MATSUO