

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

～全車両軌跡データの外部利活用プロジェクト“Zen Traffic Data”の実現～



阪神高速道路(株) 計画部調査課 兒玉 崇
阪神高速道路(株) 計画部調査課 石原 雅晃
阪神高速道路(株)技術部技術企画課 八木 博嗣

要 旨

近年、技術開発のプロセスにおいて、外部の技術を効率的に採り入れて、スピーディに技術・サービスの向上を図る“オープン戦略”に注目が集まっている。一方、阪神高速では過年度より、世界的にも貴重な“全走行車両の車両軌跡データベース”を構築し、渋滞発生メカニズムの解明や合理的な渋滞対策の検討に活用してきたが、近年の技術開発のトレンドや同データの幅広い活用性を鑑み、オープンな形式で外部のデータ利用を促すことで、次世代の道路交通マネジメントの総合的な発展に資する新たな知見や要素技術の創出を加速させることを考えた。

そして、今般、付加価値の高い保有データを活用した新たな知財戦略として、同データベースの戦略的な公開を通じて、技術向上の迅速化や多様化を図る“オープン・イノベーション”を企画し、同企画を機能させるために必要な制度設計を経て、全車両軌跡データの外部利活用プロジェクト“Zen Traffic Data”を実現させた。

キーワード: オープン・イノベーション、知財戦略、車両軌跡、自動運転

はじめに

阪神高速では、既存の交通センシングでは詳細な交通事象把握に限界があることを踏まえ、認識精度の向上が近年著しい画像センシングを採用して、“全走行車両の車両軌跡データベース”（以下、本 DB）を構築し、渋滞発生メカニズムの解明及び合理的な渋滞対策の検討を進めている^{1), 2)}。

本 DB は、既存の交通データでは類を見ない程の多様な発展性が見込まれる、世界的にも貴重で、付加価値の高い交通データ（知的財産）であることから、当初の目的であった渋滞発生メカニズムの把握に留まらない幅広い活用を模索してきたが、これまで本格的な活用がなされてきた交通データ

ではないこともあり、その幅広い活用性を十分に活かせるノウハウが阪神高速には不足していた。

一方、近年、技術・サービスの細分化やそれらの組み合わせの多様化・複雑化により、専門色の強まりや、必要技術が多様化する傾向が強まっており、技術開発のプロセスにおいて、従来理想とされた自前主義では限界があり、外部の技術を効率的に採り入れて、スピーディに技術・サービスの向上を図るオープン戦略に注目が集まっている。

そのため、付加価値の高い知的財産だからこそ、社内の限定利用に留めず、オープンな形式で外部のデータ利用を促す方が、本 DB が有する多様な発展性も活かして、次世代の道路交通マネジメントの総合的な発展に資する新たな知見や要素技術の創出が拡大できるとともに、それらを迅速に収

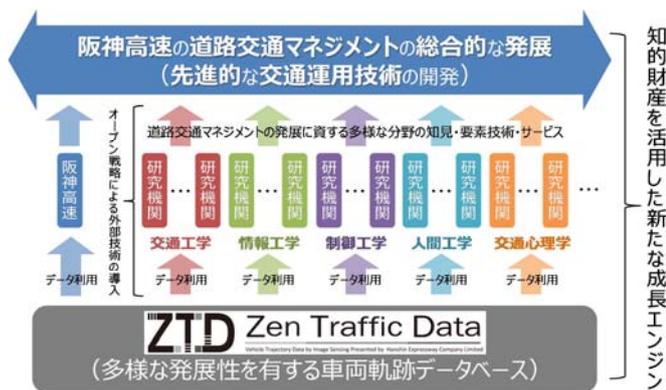


図-1 本 DB の公開による技術向上の迅速化・多様化

集できるスキームを構築することで、“ビジョン 2030”³⁾で挑戦に掲げた“先進的な交通運用技術の開発”を様々な側面から実現に導く新たな成長エンジンにもなり得ると考えた(図-1)。

そして、今般、付加価値の高い保有データ(知的財産)を活用した技術戦略(以下、知財戦略)として、本 DB を研究機関等に公開することで技術向上の迅速化や多様化を図る“オープン・イノベーション”を企画し、同企画が機能するために必要な制度設計を経て、本 DB の外部利活用プロジェクト“Zen Traffic Data”⁴⁾を実現させた。

本稿は、多様な発展性が期待される本 DB について、最先端技術の活用による構築手法や個人情報等の対応方針を示すとともに、その活用体系を整理し、それらを踏まえて、道路交通マネジメントの総合的な発展に資する知見や要素技術を迅速に幅広く収集する知財戦略として企画した、本 DB の外部利活用プロジェクト“Zen Traffic Data”について、知財戦略として機能するための制度設計等、一連の検討プロセスをまとめたものである。

1. 車両軌跡データの公開事例のレビュー

一部区間とはいえ、高速道路での全車両を対象とした車両軌跡データは、その生成難易度の高さから大変稀少であり、その公開事例に至っては、日本初ばかりか、世界的にも他に2例程しかない。

本章では、後述する同データの活用性にも関連することから、同様の全車両軌跡データの公開事例について、データの公開目的や概要を紹介する。

1-1 アメリカでの事例 (NGSIM)

NGSIM (Next Generation Simulation)⁵⁾は米国の Federal Highway Administration (FHWA) が 2006 年に始めたオープンデータプロジェクトで、高速道路を含む数カ所を対象に、概ね全車両の車線上の詳細な位置や他の車両との位置関係を 0.1 秒間隔で数値化して車両軌跡データを生成しており(図-2)、交通分析ツールの開発の活性化と普及、それらを通じた同ツールの信頼性の底上げを目的に、同データは FHWA の HP にて公開されている。なお、高速道路は、サンフランシスコの I-80 (合流を含む 500m 区間、両側 12 車線)とロサンゼルス US101 (合流を含む 640m 区間、両側 10 車線)が対象で、45 分間分のデータセットには、車両軌跡データの他、オリジナル及び画像処理済の走行映像や、図面データ、検知器データや天気情報等も含まれている。

NGSIM は現在、世界で最も有名な交通データであり、世界中の交通研究者が交通シミュレーションの開発等において、human driver の運転行動をモデル化する際の基礎データに活用している。

1-2 ドイツでの事例 (HighD)

自動車大国の一つであるドイツでは、高度な自動運転システムに必要な安全性機能を定義し、承認手順を標準化することを目的に、ドイツ経済エネルギー省 (BMWi) の主導で、Volkswagen 社などの自動車メーカー、Bosch 社などの一次サプライヤ、アーヘン工科大学 (IKA) などの大学・研究機関、第三者認証機関等、17 の自動車関連企業・団体が構成される、産官学による自動運転



図-2 全車両軌跡データの生成イメージ (NGSIM)

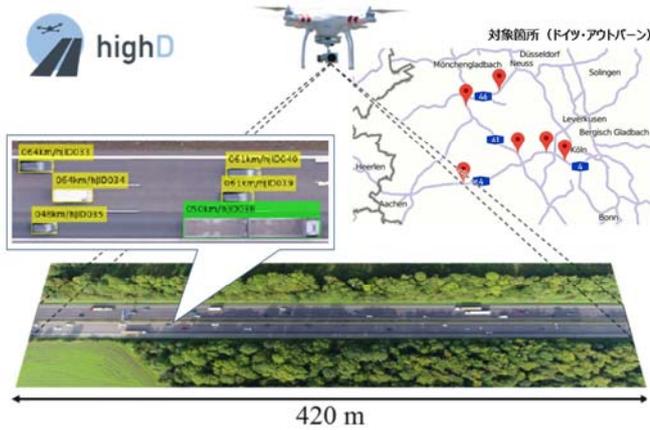


図-3 全車両軌跡データの生成イメージ (highD)

の安全性評価プロジェクト Pegasus Research Project⁶⁾ (以下, PEGASUS) を立ち上げており, その一環として, 自動運転システムの安全性評価に必要となるシナリオ (運転場面) への活用を目的に, ドローンを使った上空撮影で全車両の軌跡データを生成し, The Highway Drone Dataset⁷⁾ (以下, highD) と称して, 2018 年秋より同データの公開を始めた。

highD は現在, ドイツ国内の高速道路における典型的な 6 つの区間 (片側 2~3 車線) を対象に, ドローンが持続飛行可能な約 17 分間の映像を 60 種類, 420m の範囲を 25fps で撮影し (図-3), 画像処理で検出した計 11 万台超の車両について, 軌跡データを生成して公開している⁸⁾。

2. 車両軌跡データベースの構築と留意点

2-1 道路照明柱を活用した画像センシングの開発

阪神高速が今回, 全車両の軌跡データ生成に採用している画像センシングは, 車両検知器やプローブ情報では不可能な, 全走行車両の面的な挙動が取得できる一方で, 渋滞時等でのオクルージョン (車両の隠れ) 等を避けるため, 従来は, 記録

メディアの交換や電源が確保できる高層ビルから撮影可能な場合に活用が限定されていた。そこで, 阪神高速道路の何処でも合理的にセンシングできることを重視して, 道路照明柱に着目し, 照明電源充電方式の Web カメラ設備を開発した (図-4)。照明柱は, 高さ約 10m, 約 40m 間隔で阪神高速道路全線に整備されており, 夜間帯に照明電力を蓄電すれば昼間帯の撮影に支障はない。また, 照明柱の強度や光学性能に影響しない小型の Web カメラを採用することで, 画角調整や記録状況の確認を設置後でも遠隔操作にて可能とした。

2-2 車両軌跡データベースの構築

車両軌跡データは, 撮影した走行映像を対象に, 0.1 秒毎に, Deep Learning で車両を自動検出し, 車両後部の下端中央の画面座標を緯度経度に換算する処理をカメラ単位に行い, 車両の点列軌跡として数値化する。次に, 各カメラで生成した車両軌跡のうち隣接カメラとの重複部分において同一時空間となる車両を同定して, 車両 ID 毎に連続した車両軌跡として生成する。また, 現地のカメラのうち 1 台は広角カメラで車長を計測し, 車両属性情報として整備するとともに, 車両間距離との差分で換算した車両間距離などを周辺車両情報としても活用している。また, 保有する高精度な道路線形データ (平面曲率半径, 縦横断勾配) を用いて各車両の時刻位置での線形データを抽出し, それらを路面線形情報として扱っている (図-5)。

本 DB は, これら事象発生に関連するデータを, 車両 ID ごとに時刻歴にて車両軌跡データと関係化させて構成したデータベースとなっている。

なお, 本 DB の生成手法は, 2018 年 10 月に特許 (特許第 6419260 号) を取得している。

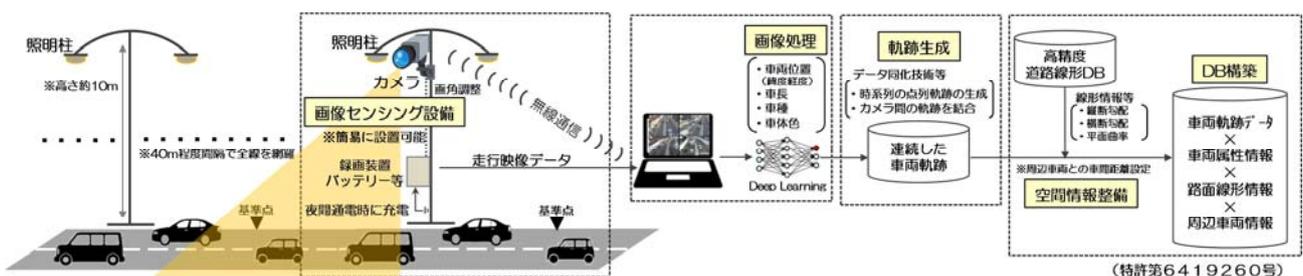


図-4 画像センシングを活用した全走行車両の車両軌跡データベース生成のフロー

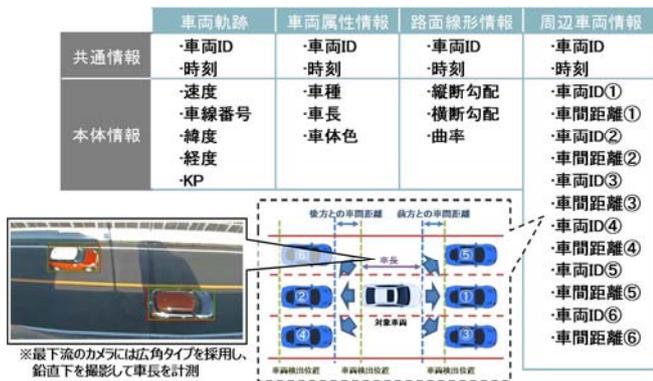


図-5 車両軌跡データベースの構成

2-3 個人情報・プライバシー保護への配慮

カメラ画像の取得・活用においては、個人情報やプライバシーの保護に細心の注意が求められる。

今回採用した画像センシングは、乗員の顔や車番情報が判別できない距離から車両の後方を撮影しており、さらに、道路外や対向車線は撮影時にマスキングするなど、個人及び個別車両の特定・識別につながる顔・車番情報やプライバシー関連の情報が映り込まないように配慮して撮影している。なお、車番情報は一般的には個人情報に該当しないが、様々なリスクを勘案すると、同情報が今後取得できてもデータ化は慎重に考えるべきである。

加えて、映像を撮られる側の理解を得ることが、苦情・問合せ等のトラブル抑制には有効と考え、「カメラ画像利活用ガイドブック」⁹⁾を参考に、撮影の事前及び期間中は、道路交通サービスの改善を目的とした撮影である旨の告知を HP から周知する等、透明性の確保に注力している。なお、一連の過程では、乗員の顔や車番情報の取得・データ化はされないため、オプトアウトは必要ない。

3. 外部利活用を見据えた活用体系の整理

3-1 車両軌跡データによる交通事象の把握事例

1) 広範囲かつ詳細な軌跡情報を活かした把握事例

本 DB は、阪神高速 11 号池田線（大阪方面）塚本合流を含む 2km 区間が対象で、合流や S 字カーブ、車線変更禁止区間を含んでいる（図-6）。

本 DB より、2017 年 4 月 26 日午前 7 時台のタイムスペース図（以下、TS 図）を図-7 に示す。

図-7 の TS 図から、一時的な急減速の後続への伝播現象であるショックウェーブ（以下、SW）が、様々な地点から不規則に発生している状況を確認できる。なお、第 1 車線では、概ね合流付近から SW が発生しているが、第 2 車線では、合流手前の右カーブの立ち上がりのサグ部付近で発生している場合が多く、同区間が車線変更禁止区間であることを鑑みると、路面線形等の影響で発生した可能性も懸念される状況にある。以上を踏まえると、これまでは合流が原因とされていた塚本合流渋滞には、複数の SW 発生パターンが存在し、複雑なメカニズムを有することが窺えた。

このように、広範囲に全車両を実測した軌跡が、対象時空間を詳細に網羅していることから、既存のセンシング技術では困難であった渋滞等の交通事象の発生位置やプロセスが把握可能になる。

2) 周辺車両情報との併用による把握事例

次に、車両軌跡データと周辺車両情報を併用した安全性の評価事例を紹介する。なお、安全性の評価指標には、自動ブレーキ等の装備を前提に、「衝突余裕時間（以下、TTC）」を用いている。

車線変更事例である図-8 では、車線変更車が「①車線変更するために加速」する直前に、「②前方車との車間が減少」し、「③TTC が低下」しており、車線変更前の追突に注意すべき状況が窺える。このように、安全性に問題のある human driver の運転行動が本 DB より把握可能になる。

続いて、5km/h 超/秒の減速を急減速と定義し、その伝播である SW の遭遇事例を図-9 に示す。

これより、自車が急減速する 13 秒前に 200m 前方（図-9 の事例では 8 台前方に相当）の車両が既に急減速しているなど、相当時間前に急減速が前方で発現しており、後続の各車両間の相互作用により、その影響が伝播して急減速に至った状況を確認できる。

この結果は、本 DB が、前方の急減速を車車間通信（以下、V2V）等で検知して円滑に車両制御を行う CACC（Connected Auto Cruise Control）の有用性や制御に関する検証に有用なデータであることを示唆している。

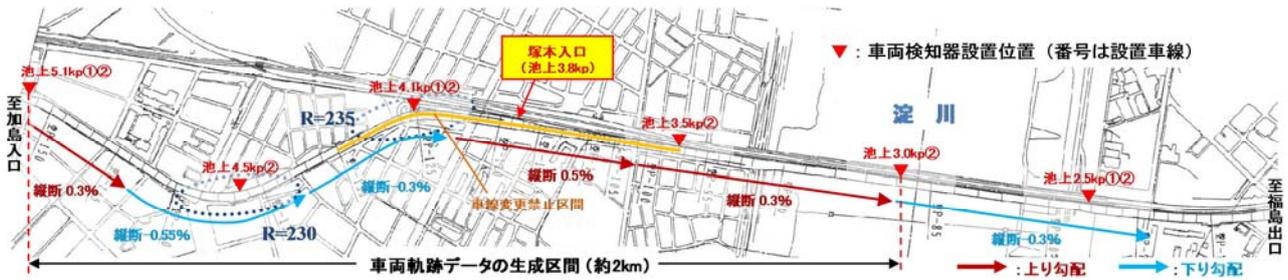


図-6 対象区間の概要（阪神高速 11 号池田線（大阪方面）塚本付近（約 2km））

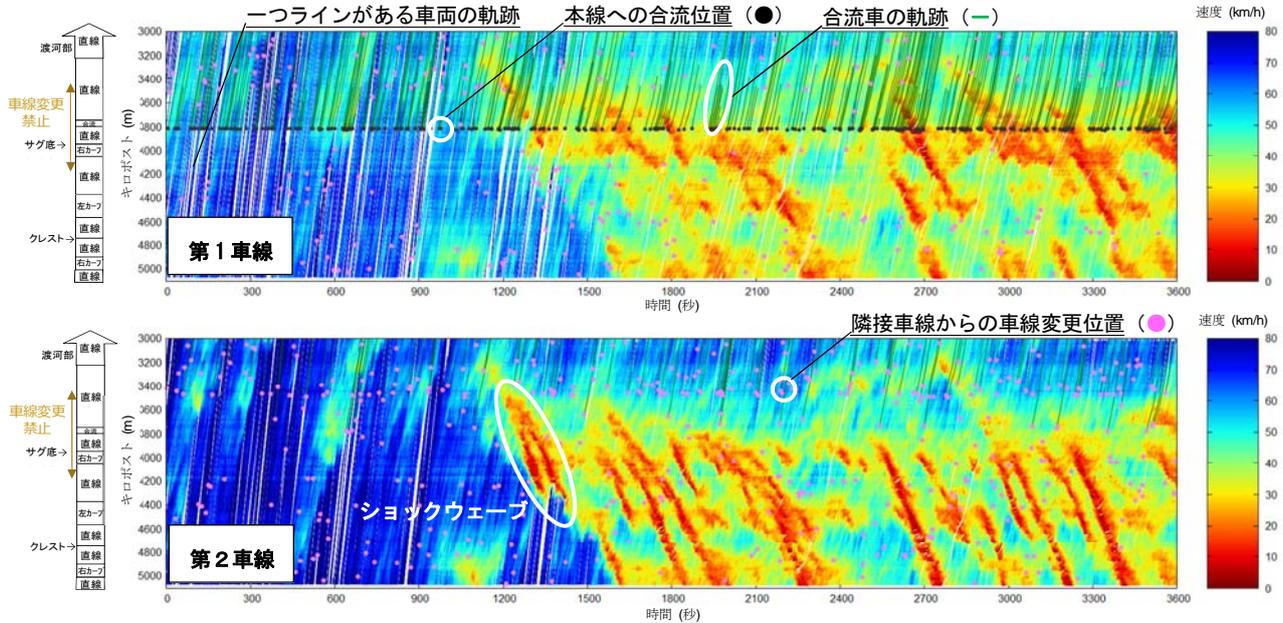


図-7 車両軌跡データのタイムスペース図（2017年4月26日午前7時台）

3) 路面線形情報との併用による把握事例

さらに、第2車線を対象に、追突リスクの高い $TTC \leq 1.0$ 秒となる状態の延べ時間と平面曲率の関係を図-10に示す。これより、第2車線では、視距が低下する右カーブ手前で追突リスクが高まる傾向が窺える。この結果から、道路構造と走行の安全性には密接な関係があり、道路構造の変化に応じて、human driver の運転行動は変化させるべきであることが窺える。

3-2 外部利活用を見据えた活用体系の整理

前項で紹介した事例から、本DBは、これまで誰も把握できていない「交通事象の発生要因や車両挙動の変化の事由」が解釈可能なデータであり、当初の目的であった渋滞発生メカニズムの把握に留まらない、幅広い分野での活用が期待できる、付加価値の高いデータであると考えた（図-11）。

以降、その幅広い活用性を体系的に紹介する。

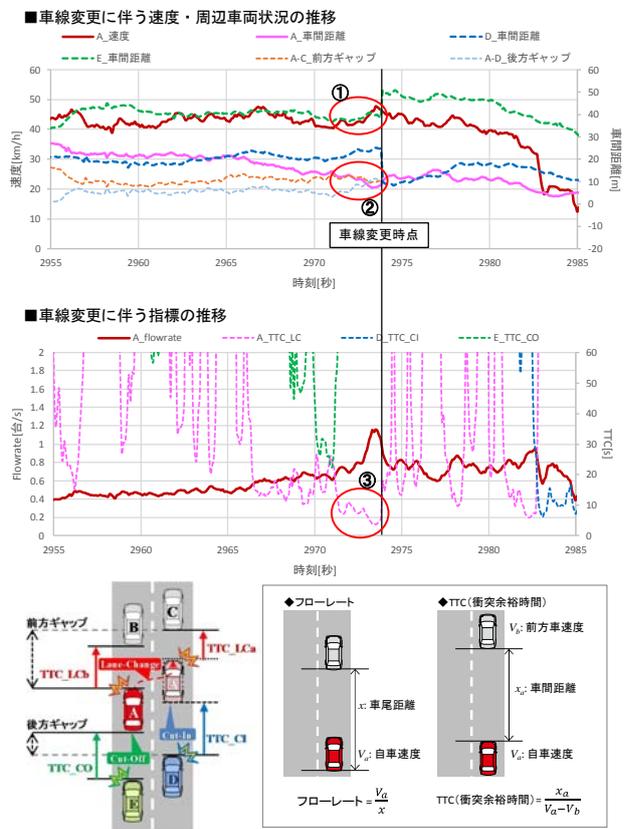


図-8 車線変更の安全性評価事例

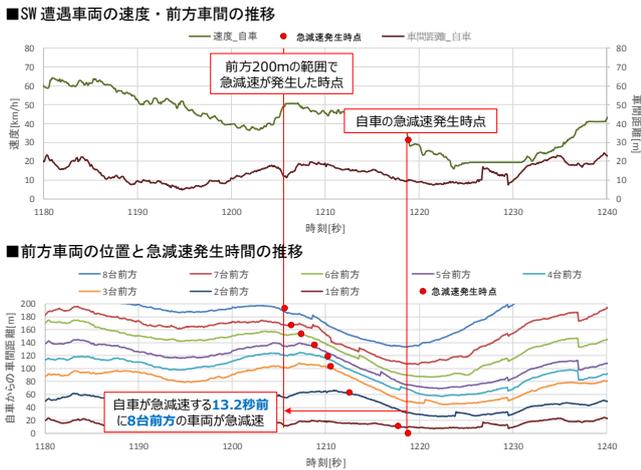


図-9 SW の遭遇事例

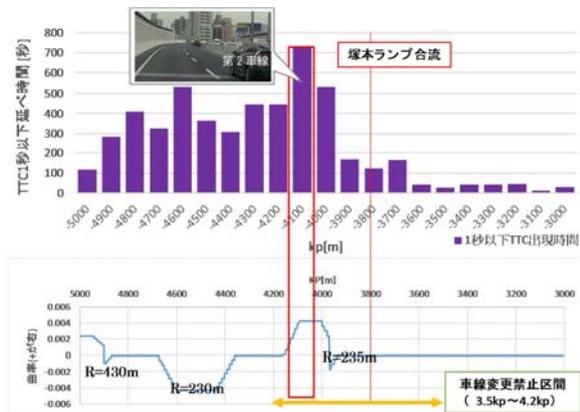


図-10 高リスク状態と平面曲率の関係 (第2車線)



図-12 仮想環境における合流事象の再現イメージ

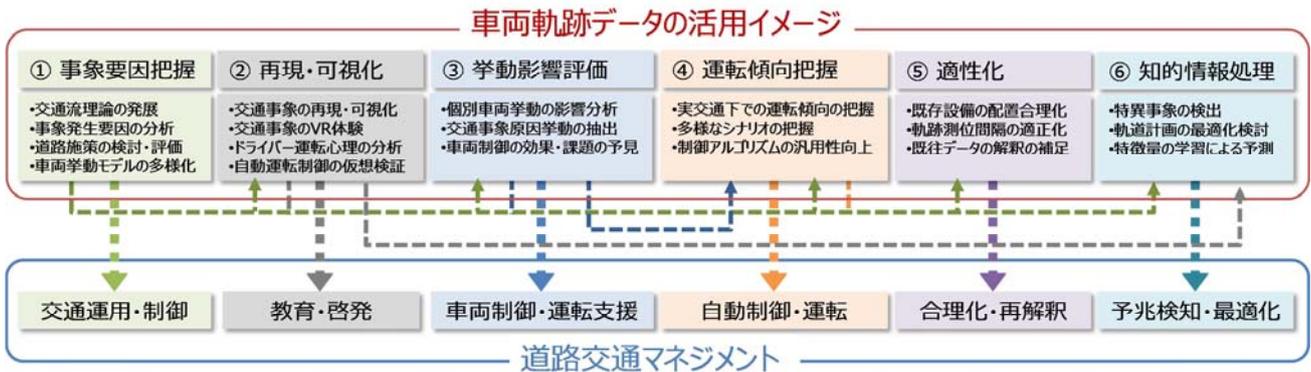


図-11 全車両軌跡データの活用で想定される道路交通マネジメントに資する幅広い活用性のイメージ

1) 交通事象の発生メカニズムの把握への活用

本 DB は、対象区間・期間において、時空間を網羅する高密度なデータであり、事故や渋滞等の交通事象の発生プロセスが、路面線形や周辺車両との位置関係等の関連データと関係付けられている。

そのため、多様な実交通事象を踏まえることによる交通流理論の発展や、事象発生メカニズムの解明、多様な車両挙動モデルの構築への寄与が期待されるとともに、同メカニズムを踏まえた道路環境への合理的な改善策及び効果的な交通制御の検討、施策実施後の評価への活用が期待できる。

2) 交通事象の再現・可視化や仮想環境での活用

現実の交通事象の発生プロセスを様々な視点で可視化することは、交通事象の発生メカニズムの理解を深め、発生原因となっている運転行動等の改善を訴求するうえで重要なプロセスとなる。

緯度経度情報を有する本 DB の場合、同情報を基に、Virtual reality (以下、仮想環境) に重畳すれば (図-12)、交通事象の原因となった車両挙動の可視化に加え、同挙動時でのドライバー視点の視覚情報も再現でき、視覚情報と運転挙動の関係性が分析可能になるため、視覚情報がドライバーの運転行動に与える影響の把握も進むと思われる。

また、車載センサ類の配置や機能に係るモデルベース開発 (MBD) や、現実の交通環境を想定した自動運転制御の安全・快適性等の検証においても、交通事象を現実しながら再現する仮想環境があれば、研究開発の劇的な進展が期待できる。

このように、現実の交通事象の再現・可視化や仮想環境とも好相性な本 DB は、運転教育や啓発、

ドライバーの運転心理の分析、さらには自動運転システム開発での仮想検証等においても、有用な素材になることが期待される。

3) 個別車両の挙動が及ぼす影響の評価への活用

V2V 等の普及に伴い、当該車両の安全・快適な走行性に加え、同車両の挙動が交通全体に与える影響の評価や、影響を与えにくい車両制御や運転支援等の検討が重要性を増すと予想している。

本 DB は、全個別車両について、周辺車両との位置関係がデータ化されているため、車両同士の相互作用や特定の車両が交通全体に与える影響についても分析可能である。従って、個別車両の挙動が及ぼす影響の分析や、交通事象の発生原因となる車両挙動の抽出、自動運転車両が将来導入されることによる現状の交通課題の改善効果の試算や、導入により新たに発生する課題等の予見等についても可能になるのではと期待している。

4) 多様な運転場面での運転傾向の把握への活用

自動運転の実現において認知や判断は重要な構成要素である (図-13)。「認知」では、ステレオカメラやレーダ等でセンシングした周辺車両等の認識オブジェクトを地図情報と統合したうえで、その行動を予測し、さらに軌道候補となるエリアのリスクを数値化することで軌道候補が絞られる。

「判断」では、軌道候補から、人の操作により近い安全・快適性を評価指標として軌道を決定する (図-14) が¹⁰⁾、この一連の軌道計画において、「現実の様々な運転場面 (シナリオ) でのドライバーの運転傾向を理解」することが、現実の交通社会への受容性が高い自動運転車両を開発するうえで重要であり、さらに、「現実には発生している多様で複雑な運転場面 (シナリオ) に適切に対応」できる汎用性も重要な開発条件となるはずである。

近年、市販化に必要とされる数十億マイルもの走行テストの負担や、現実の交通環境での統一的な検証の難しさもあり、特に、初期の必要機能の開発では、仮想環境での開発が主流になっている。ここで、仮想環境での開発では、実走行テストに相当する実際の交通状況の再現が求められるため、本 DB がその役割を担える可能性も期待される。

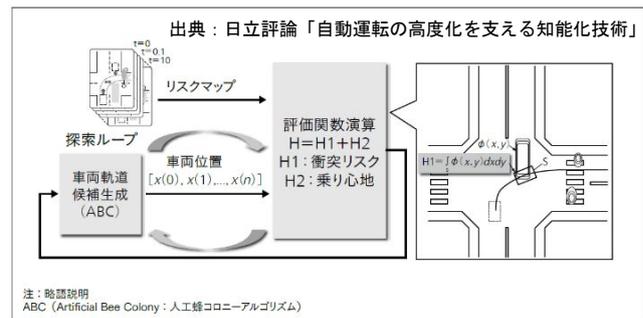


図-14 軌道評価のイメージ

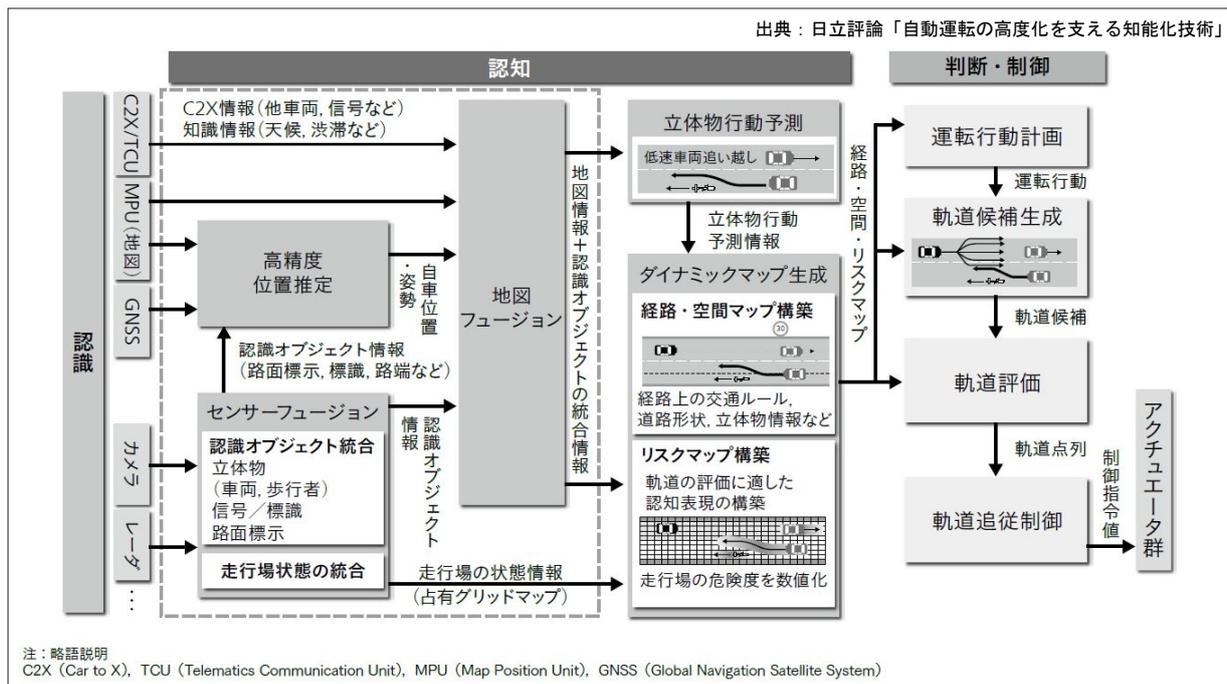


図-13 自動運転システムの構成イメージ (出典：日立評論「自動運転の高度化を支える知能化技術」)

5) 既存センシングの適正化検討への活用

当面、安価な既存のセンシング技術の活用は続くものと予想されるなか、既存のセンシング技術の底上げも、重要なテーマである。

例えば、時空間を詳細に網羅している本 DB を真値データとして扱い、現実の交通事象の発生状況に応じて車両検知器等の既存センシングの配置を合理的に見直したり、プローブ情報の適正な測位間隔を検討する等がこれに該当する。

このように、本 DB を真値データとして扱えば、既存センシングの適正化検討も支援できるだろう。

6) 知的情報処理技術の高度化への活用

車両の走行軌跡はある法則の範囲内で概ね推移するため、時空間で連続した本 DB なら、必ずしも交通流理論等を適用せずとも、Deep Learning 等の AI 技術の活用で、交通事象の予測や、異常検知も可能と思われる。また、TTC 等の閾値を設定し、全車両の総旅行時間最小化を目的関数に、各車両の軌道の組み合わせを実績軌跡から学習し、その後、学習と評価を繰り返す強化学習等の研究題材とすることも有用な用途だろう。このように、現実の多様で複雑な交通事象は周辺車両や道路環境の影響により創出され、異常値やバラつきを多く含むことを鑑みると、連続変数である車両軌跡は、AI 等の情報処理技術の導入や、同技術の高度化の研究題材として貴重なデータとなるだろう。

4. 本 DB の外部利活用に向けた制度設計

4-1 車両軌跡データの利活用に関する方向性

前項で述べたとおり、本 DB は、幅広い活用性を有することから、道路交通マネジメントの総合的な発展に役立てるには、外部の利活用を通じて、新たな要素技術や知見を、迅速に幅広く採り入れる手法が合理的と考えた。以上から、その幅広い活用性を活かして、外部の研究機関等の利活用を促し、研究成果等のフィードバックや共同開発等の関係構築を目指すオープン・イノベーションを着想するに至った。以降、具現化した外部利活用プロジェクトについて、一連の検討を紹介する。

4-2 データの外部利活用による恩恵と目的設定

本 DB の外部利活用プロジェクトの企画・検討にあたり、その必要性の証左として、まず、その恩恵について、整理した。

- ・ 阪神高速道路の交通課題を含むデータが、多様な分野の多くの研究開発者に検討いただける。
- ・ 道路交通マネジメントに資する多様な分野での新たな要素技術の創出・還元が期待できる。
- ・ 画像による交通センシング等の（特許を含む）技術的な強みを活かして、同分野の市場開拓と主導的地位を獲得できる可能性が生まれる。
- ・ 本データの外部利活用を機に外部との関係構築やプレゼンスの向上が期待できる。

次に、上記を踏まえ、プロジェクトの目的には「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、その具体的な目標として、「新技術の効率的収集」「得意分野の市場拡大と主導的地位の獲得」「外部との関係構築」を設定した。なお、これらの達成に有効なオープン・イノベーションの形式には、設定した課題の解決に特化した技術収集等に適した「公募形式」よりも、宣伝効果があり、多様な分野の技術等の幅広い収集に適した「公開形式」を採用することにした。

また、本取り組みを、「得意分野の市場拡大と主導的地位の獲得」を目指した知財戦略（オープン&クローズ戦略）としても位置づけ、データの公開（オープン）を通じて、本 DB の存在やポテンシャルの認知度を向上させ、本 DB の社会的なニーズの拡大を図る（市場拡大）ことにより、特許化（クローズ）した“画像センシングを用いた車両軌跡生成技術”を活かした外販等の機会獲得（シェア拡大）も狙っていく意向である（図-15）。

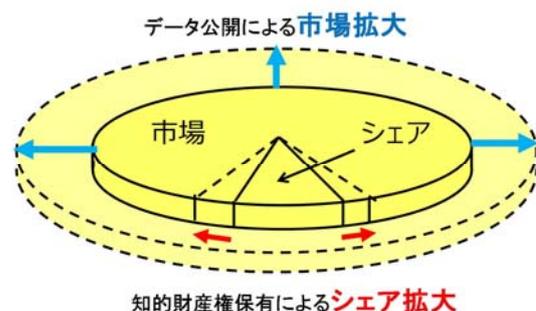


図-15 外販等を狙ったオープン&クローズ戦略

4-3 本 DB の外部利活用に係る戦略的な制度設計

本 DB の公開にあたっては、データの提供者である阪神高速側のリスク等を回避するとともに、公開による認知度の向上で保有データの価値も高めつつ、同公開が、「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」という目的の達成に資するような運営が求められており、その遂行のためには戦略的な制度設計が必要と考えた。

1) 目的達成に適した利用組織の想定

外部への公開を通じて、道路交通マネジメントの発展に資する新技术を効率的に収集するには、国籍・分野を問わず、大学・企業等の研究機関等に幅広くご利用いただくことが望ましいと考え、同組織を利用先に想定して、以降の検討を行った。

2) 利活用を活性化させるデータセット構成

車両軌跡データを活用した分析を合理的に行うには同時に扱える関連データの存在が重要である。そのため、データの活用性向上のために、分析に有用と思われるデータ項目を検討し、対象区間の概要や、データ取得時の交通状況等の補足情報を、一連のデータセットに加えた(表-1)。また、本 DB の理解や信頼を得ることが利活用の活性化には必要と考え、本 DB の概要やサンプルデータ、生成過程を、特設サイトから発信することにした。

3) リスク回避と目的達成を支援する利用条件設定

データの公開にあたっては、意図しない形でのデータ利用や参照、データ不備に伴うデータ提供者責任等のリスクの回避が、懸案事項となるが、さらに、公開により、データの価値向上や、目的の達成までを目指すことを鑑みると、利用ルールの規定は不可欠であり、利用組織と交わした合意内容がその後の着実な運営の成否を左右すると考えた。ただし、利用条件の設定は、目的達成のための運営に必要なが、一方で、利用条件の制約が厳しいと利用の障壁になるため注意が必要である。以上を勘案して検討した利用条件を表-2 に示す。

4) 利用条件等の履行のための申請方式の採用

本プロジェクトの目的達成のためには、それに資する利用目的であることの確認や、利用条件への合意を前提に進めることが望ましい。そのため、

本プロジェクトでは申請方式を採用し、利用条件の合意を得た後に、事務局が利用組織の研究体制や利用目的を確認し、目的達成に適した申請に、利用を許可する方式で運営することにした(図-16)。なお、利用条件の確実な履行のために責任者の設置を求め、申請内容等を逐次共有している。

表-1 利活用の活性化を期待したデータセット構成

データ項目	データ概要	位置づけ
交通データセット	車両軌跡データベース	車両軌跡データ、車両属性情報、路面線形情報 メインデータ
	車両軌跡動画	各車両の地図上の位置をドットで表現した動画ファイル 車両挙動状況の視覚的把握
	車両検知器パルスデータ	対象区間内の車両検知器の検知パルスデータ 検知器断面における車両軌跡生成状況の確認
	タイムスペース図	対象交通状況の全体把握
区間データセット	道路概要図	対象区間の位置、路面線形、路面標示、標識等 対象区間の道路状況の把握
	交通概要図	対象区間の断面交通量、渋滞発生回数、速度カウンター図等 対象区間の一般的な交通状況の把握

表-2 リスク回避と目的達成等を支援する利用条件

利用条件項目	概要	設定目的 (●リスクの回避 / ○期待する内容)
利用目的	データ利用による研究の目的・実施概要の登録	○有用な研究内容の把握 ●阪神高速道路(株)が意図しない形でのデータ利用を避ける
利用体制	利用組織の登録	○データの利用組織・研究体制の把握 ●阪神高速道路(株)が把握していない形での勝手なデータ利用を避ける
申請内容変更時の再登録	申請内容の変更の共有	●阪神高速道路(株)が把握していない形での勝手なデータ利用を避ける
責任者の登録	データ利用における責任者の登録と役割の認知	○責任者の登録を通して登録内容・利用条件の遵守を促す
データの取扱いに関する留意事項	利用に伴う被害の責任回避	●提供するデータの特性等に関する条件を予め明記し、利用に伴う利用者損害の責任等を避ける
	第三者提供の禁止 使用後の消去・報告等	●阪神高速道路(株)が把握していない形での勝手なデータ利用を避ける
対外公表時の取扱い	外部公表時の連絡	○データ利用による成果の把握(道路交通マネジメントの総合的発展への寄与、利用組織との関係構築)
	公表時のデータ出典の明記	○阪神高速道路(株)のプレゼンスやデータの価値の向上(利用組織との関係構築)
知的財産の取扱い	関連特許の実施配慮	●関連特許技術の実施不可を避ける
	特許出願時の連絡	○データ利用による成果の把握(道路交通マネジメントの総合的発展への寄与、利用組織との関係構築)
条件違反	罰則規定	○利用条件の遵守



図-16 申請方式によるデータ利用

5) 研究成果のフィードバックと関係構築

本プロジェクトでは、研究成果のフィードバックが重要となる。そのため、利用申請時には、利用目的の詳細な説明を求めるとともに、本 DB の利用で得られた成果について、公表資料（論文等）の共有や、公表資料（論文等）へのデータの出典の明記を利用条件に定めた。さらに、本 DB の利用状況や成果を俯瞰するために、1年に1回程度、アンケート形式にて共有を求めることにした。

これらを通じて、道路交通マネジメントの発展に有用な研究開発を見出し、研究組織との発展的な関係の構築等も図っていきたいと考えている。

6) 個人情報・プライバシーに係るリスク対応

本件のような個別データの公開にあたっては、個人情報やプライバシーに係るリスクに十分配慮が必要である。本 DB には、個人情報やプライバシー情報は含まれておらず、高速道路上の 2km 区間が対象のため、プローブ情報等では一般的な OD の秘匿処理も必要ない。ただし、詳細な時空間データの場合、他のデータベースとの照合で、車両特定できてしまうリスクもあり得ることから、念のため、「日付」情報は提供対象から除外した。また、データの元となる映像データについても、様々なリスクを勘案し、提供しないことにした。

5. Zen Traffic Data プロジェクト

5-1 Zen Traffic Data の実施概要と今後の展開

2018 年 8 月末、前述の制度設計を経て、長期間・広範囲の全車両軌跡データの外部利活用プロジェクト“Zen Traffic Data”はスタートした。

取り組み期間は、当面、3 年間で予定しており、全車両軌跡データ提供の第 1 弾として、阪神高速 11 号池田線（大阪方面）塚本合流付近（約 2km）における渋滞発生前後の 1 時間分のデータセットを 5 件、利用申請に基づき提供している。

また、道路構造や交通状態の異なる数カ所について、データ公開に向けた準備を進めるとともに、本 DB の仮想検証への活用を活性化させるために、対象区間の VR データ（図-17）も構築中である。



図-17 対象区間（塚本合流付近）の VR データ

5-2 データの利用状況と関係構築

2018 年 9 月から 2019 年 2 月末までのデータの利用状況を図-18 に示す。大学と企業では利用数は同等で、主な利用目的は、大学は交通流理論関連、企業は自動運転関連が大半を占めているが、車両挙動の傾向分析やその評価に関する内容は両者に含まれている。なお、国外でも、PEGASUS 関連での利用が始まり、軌道に乗り始めている。

また、いくつかの組織とは情報交換の場を設け、技術トレンドの把握や関係構築に努めている。

5-3 自動運転に関する研究利用の方向性

前述のとおり、全車両軌跡データの利活用において、自動運転に関する研究開発への活用は有望な用途の一つである。本項では、実際の申請内容を参考に、想定される利活用イメージを紹介する。

1) ドライバーの運転傾向把握への活用

我が国の自動車メーカー各社並びに政府においては、2020 年を目途に高速道路においてレベル 3 に適応した自動運転車両の導入を目指すとしているが、導入後も当面は自動運転車両と手動運転車両が混在することになる。従って、導入による混

“Zen Traffic Data”の利用状況（～2019年2月末）		ZTD Zen Traffic Data
■登録組織数・利用組織数	2019年2月末時点で、18組織から問合せ・登録（国内：15、国外：3）があり、そのうち14組織（国内：13、国外：1）がデータを利用している	
■利用組織の内訳	2019年2月末時点で、利用中の14組織の内訳は、大学が7組織（交通工学系：5、情報工学系：1、人間工学：1）、企業等が7組織（自動車関連：5、AI関連：2）	
■利用目的の例（赤字：「どんな挙動をするのか？」関連 青字：「その挙動は適切なのか？」関連）		
交通流理論関連	・交通状態推定：車両個別の挙動を踏まえた交通状態を推定できるモデルの構築 ・車両挙動モデル：個別の車両の挙動を表現できるモデルの構築 ・交通流観測手法：新たな交通流観測手法の精度検証 ※阪神高速では、交通事象要因分析に活用している	
自動運転関連	・軌道計画：周辺の交通状況やドライバーの運転行動を予測し、最適な軌道計画を算定 ・運転傾向把握：混在状態での受容性を高めるためにドライバーの運転行動の特徴を把握 ・安全性評価：自動運転システムの機能評価に活用するシナリオ（運転評価場面）の設定	

図-18 Zen Traffic Data の利用状況

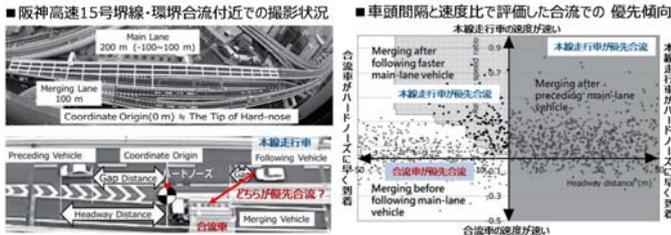


図-19 合流行動における優先傾向に関する既往研究

乱やドライバーの不満・違和感を和らげ、自動運転社会を成熟させていくために、自動運転車両に必要な受容性として、human driver と同様の運転行動が求められている。例えば、円滑な合流を実現するには、合流行動における、合流車と本線走行車間での優先意識を制御に反映する必要がある、その実現には、合流行動での感覚的な優先意識の定量的なモデル化が必要となる¹¹⁾ (図-19)。

なお、human driver の運転行動は、周辺車両との相互作用や道路線形にも影響を受けるため、同分析では、全車両について、軌跡データと関連データが関係化されたデータを必要としている。

以上を勘案すると、本 DB は human driver の運転行動のモデル化検討に適しており、同研究分野では、貴重なデータとして認識され始めている。

なお、2019年2月末までに“Zen Traffic Data”プロジェクトに申請のあった自動運転関連の利用では、上記内容に該当する内容が多かった。

2) 実証実験に相当する評価シナリオとしての活用

一方、highD 同様、多様で複雑な車両挙動を実測した本 DB は、自動運転システムの安全性評価のシナリオ（運転評価場面）としての活用も期待されており、実際に PEGASUS 関連の研究で利用が始まっている。PEGASUS 同様、日本でも、2018年からの第2期 SIP において、公道での実証実験を中心とした評価における限界や、現状の車両開発での実車評価の負担の大きさを鑑み、同一条件での評価・検証の効率的な実施のために、「仮想空間での安全性評価環境の構築」が、新たに重点研究開発項目に設定¹²⁾されている (図-20)。なお、実証実験に相当する安全性評価に用いるシナリオ解析に必要な全車両軌跡データの整備は未だ端緒についた段階であり、本 DB に対し、その生成手法等への関心が伝えられている。

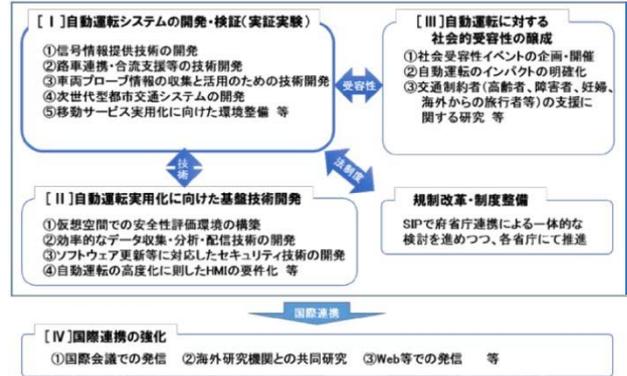


図-20 SIP 第2期での研究開発の全体構想

さらに、阪神高速では、安全性等の評価手法や、同評価に有用なシナリオを場面や難易度に応じて抽出する手法の検討を進めており、本 DB と対象区間の VR を活用した、現実さながらの仮想検証環境の構築に向けて、鋭意準備を進めている。

また、4章で述べた通り、軌道計画では、周辺車両の走行状況を踏まえた軌道候補に対し、安全性と快適性等の観点から軌道を決定する (図-14) が、道路管理者としては、その際に、後続への影響を評価する観点も加える必要性を感じている。

今後は、V2V 等の通信技術の発展により、車載センシングの範囲外の周辺車両とも速度プロファイルの相互通信が可能となるため、自車の安全性・快適性だけでなく、周辺車両への影響、つまり“交通全体へ与える影響にも考慮した軌道計画”が受容性の観点でも重視されると見込んでいる。

従って、自動運転車両の導入が、安全性向上に加え、渋滞等の交通課題の改善にも寄与することを目標に、受容性（交通影響）の評価指標（SW の発生リスク等）を含む評価シナリオを、開発中の仮想検証環境から提供することを計画しており、これらを通じて、“交通全体へ与える影響にも考慮した軌道計画”の必要性を訴求していきたい。

6. まとめ

阪神高速では、道路交通マネジメントの総合的な発展を目指していくうえで有用と期待される“全走行車両の車両軌跡データベース”に着目し、上記の達成を目指すにあたり、外部にデータの利用を開放することが新たな要素技術や知見の効率

的な収集には合理的と考え、本 DB の活用体系を整理するとともに、目的に掲げた「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」を着実に達成するために必要となる戦略的な制度設計を経て、本 DB の外部利活用プロジェクト“Zen Traffic Data”を実現させた。

今後、高速道路業界でも、知財戦略の一環として、同様のオープン戦略の採用機運が高まっていくものと予想している。その際に、その最初の本格事例である“Zen Traffic Data”プロジェクトの立ち上げについてまとめた本稿が、少なからず参考になれば幸いである。

謝辞：全車両軌跡データの外部利活用プロジェクトの制度設計にあたり、交通技術委員会の委員・幹事の皆様方からは、大変有用なご示唆を多数いただいた。ここに感謝の意を記す。

参考文献

- 1) 兒玉崇，飛ヶ谷明人，増本裕幸：AI 技術等の融合で実現した画像センシングによる交通現象把握手法の開発，第 49 回技術研究発表会論文集，2017。
- 2) 兒玉崇，鈴木英之，増本裕幸：学習型画像センシングを活用した渋滞発生メカニズムの把握と渋滞対策案の

- 検討，第 50 回技術研究発表会論文集，2018。
- 3) 阪神高速グループ：阪神高速グループビジョン 2030，2016。
- 4) 阪神高速道路株式会社：Zen Traffic Data (ZTD)，URL: <https://zen-traffic-data.net/>。
- 5) Federal Highway Administration：Next Generation Simulation (NGSIM)，URL: <https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/ngsim.htm>。
- 6) Pegasus Research Project：PEGASUS Symposium，<https://www.pegasusprojekt.de/en/pegasus-symposium>。
- 7) Institute for Automotive Engineering (IKA)，RWTH Aachen University：The Highway Drone Dataset (highD)，URL: <https://www.highd-dataset.com/>。
- 8) Robert Krajewski，Julian Bock，Laurent Kloeker and Lutz Eckstein，A Drone Dataset of Naturalistic Vehicle Trajectories on German Highways for Validation of Highly Automated Driving Systems，IEEE 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)，Maui，Hawaii，USA，2018。
- 9) IoT 推進コンソーシアム，総務省，経済産業省：カメラ画像利活用ガイドブック ver1.0，2017。
- 10) 児島隆生，長田健一，伊藤浩朗，堀田勇樹，広津鉄平，小野豪一：自動運転の高度化を支える知能化技術，日立評論，2018。
- 11) 谷田公二，木村真弘，吉田雄一：自動運転車制御へ向けた高速道路での合流モデル，自動車技術会論文集，Vol.48，No.4，2017。
- 12) 内閣府 政策統括官（科学技術・イノベーション担当）：自動運転（システムとサービスの拡張） 研究開発計画，戦略的イノベーション創造プログラム（SIP），2018。

INTELLECTUAL PROPERTY STRATEGY BY AN OPEN DATA PROJECT

Takashi KODAMA, Masaaki ISHIHARA and Hirotsugu YAGI

A vehicle trajectory database of all vehicles travelling on the Hanshin Expressway has been developed and used to elucidate mechanisms of congestion occurrence and improve congestion countermeasures. It has been expected that allowing external research institutions to use the in-house database would help create new knowledge and element technologies, ultimately contributing to development of next-generation road traffic management. Through an "open innovation" which is a new intellectual property strategy planned for expediting improvement and diversification of technologies, the "Zen Traffic Data" system has been designed and established for external sharing of the full vehicle trajectory data of the Hanshin Expressway.

兒玉 崇



阪神高速道路株式会社
計画部 調査課
Takashi Kodama

石原 雅晃



阪神高速道路株式会社
計画部 調査課
Masaaki Ishihara

八木 博嗣



阪神高速道路株式会社
技報部 技術企画課
Hirotsugu Yagi