

データ駆動型の交通需要マネジメントシステムの開発

兒玉 崇¹・中田 諒¹

¹阪神高速道路株式会社 保全交通部 交通技術課 (〒530-0005大阪府大阪市北区中之島3-2-4)

阪神高速では、阪神高速道路と周辺の主要道路を対象に、最新の交通情報を反映したリアルタイムでの交通影響予測を行う「交通デジタルツイン」を活用して、未来の交通状態を評価し、「行動変容訴求サービス」の利用を通じて、阪神高速道路の渋滞ボトルネック通過交通の分散を図り、阪神高速道路に加え、周辺道路全体のパフォーマンス向上につなげることを目指した「交通需要マネジメントシステム」を試作し、大阪・関西万博開催中に実証実験として同システムの社会実装を試行している。本稿は、実証実験中の、リアルタイム交通影響予測に基づく交通需要マネジメントシステムの概要とその利活用の可能性についてまとめたものである。

キーワード TDM, 行動変容, データ駆動型, 交通デジタルツイン, ICT交通マネジメント

1. はじめに

近年のIoTの進化やAIなどの情報処理技術の目覚ましい発展に伴い、旧来の交通マネジメントは大きく進化していくものと目されている。そのため、阪神高速では、情報社会のさらなる発展を見据え、デジタル技術を活用した新たな交通需要マネジメントの社会実装を目指し、2023年4月よりNTTグループとの共同検討を本格化させており¹⁾、大阪・関西万博開催中の阪神都市圏において、開発技術を活用した実証実験を実施している²⁾。

なお、現実の交通状況は目まぐるしく変化することや、交通マネジメントは道路交通全体に配慮したものでなければならないことなどを鑑みると、新たな交通需要マネジメントを実現するには、阪神高速道路に加え、周辺の主要道路を含む阪神都市圏を対象に、観測データをリアルタイムに反映した交通影響予測が行える交通デジタルツインを実装し、その活用によって、未来の交通状態を評価することが可能になっていなければならない。

加えて、TDMとして機能させていくためには、予測された交通状況の変化に応じた適切な行動変容を訴求できるサービスが十分に機能し、それを多くの道路ユーザが利用していることが条件となる。

以上から、これらをマネジメントシステムとして社会実装し、将来的に、多くのユーザ利用を実現できれば、阪神高速道路の渋滞ボトルネック通過交通が分散され、それにより整流化された阪神高速道路が大量の交通を捌けるようになることから、周辺道路全体のパフォーマンス向上といった恩恵にもつながることが期待される。

しかしながら、これらの社会実装にあたっては、大量のリアルタイムデータの取得や、膨大なデータを迅速に扱うための処理環境が前提であり、広範囲をカバーしていることなども鑑みると、特定路線のTDMなどにも活用するのではそのポテンシャルを活かしきれていない。

このような中、阪神高速は、NTTグループと共同で、交通デジタルツインRASiNと行動変容訴求サービスWelmos Agentを試作し、これらにより構成されたデータ駆動型の交通需要マネジメントシステムWelmos System (図-1)を活用して、大阪・関西万博開催中の阪神都市圏を対象に、Welmos Agentの有用性や、行動変容効果の検証を目的とした実証実験を実施している。本稿は、それらを踏まえ、従来のTDMの課題を解決する交通需要マネジメントシステムWelmos Systemの構成や特徴的な機能、その利活用の可能性についてまとめたものである。

2. 交通政策を取り巻く社会情勢の変化

国土交通省は、社会資本整備審議会道路分科会第76回基本政策部会(2021年12月)において、道路のパフォーマンスモニタリングとデータ駆動型マネジメントを軸としたICT交通マネジメントのフレームワーク(図-2)を提示した³⁾。続いて第81回基本政策部会(2023年3月)では、道路のパフォーマンスを向上させる施策の方向性として「道路のパフォーマンス向上(動的料金の導入検討等)」「道路管理者がサービスレベルを把握・分析でき

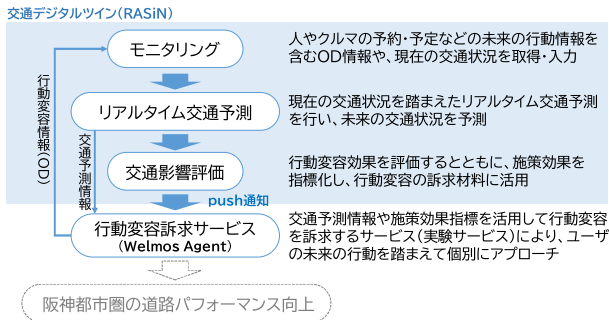


図-1 交通需要マネジメントシステムWelmos Systemの構成

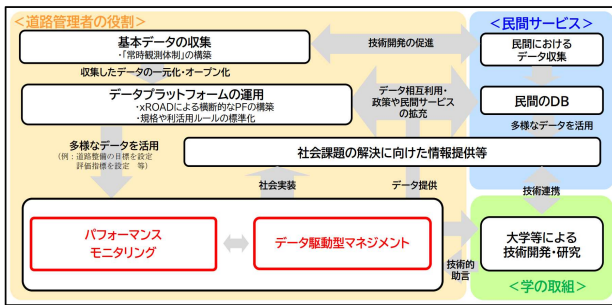


図-2 ICT交通マネジメントのフレームワーク

る手段の提供」 「渋滞によるロス時間を削減する各道路管理者・交通事業者・民間等が連携したソフト・ハード対策」を提示している⁴⁾。

これに先立ち、近畿地方整備局では、「近畿ブロック新広域道路交通ビジョン」（2021年7月）にて、ICT交通マネジメントの基本方針やその計画として「都市部における交通マネジメント」を掲げており、具体的には、「渋滞対策や生活環境対策としてICT・AI等の革新的な技術を活用して交通需要をマネジメントするための検討を推進」することが謳われている⁵⁾。

ここで、渋滞に関しては、従前より都道府県単位等で渋滞対策協議会が設置され、一般道路の渋滞多発箇所を対象に詳細要因分析や対策方針検討が進められている⁶⁾が、近年はハード対策の実施は予算的にも限界があり、今後はソフト対策（TDM）の重要度がより一層高まっていくものと予想されている。しかしながら、現状は、TDMとしての方策が、広報啓発や回誘導看板等を通じた協力要請以外には乏しいというのが実情である。

一方、南海トラフ地震等の災害などへの備えとして、近畿地方整備局管内における道路啓開計画の素案となる、近畿版道路啓開計画（案）が2025年3月にとりまとめられた⁷⁾。地震や風雪水害等の災害事において、道路は避難路であり、緊急車両の通行路でもあるため、道路の損傷や滞留車両の存在などによる道路機能の大幅低下、通常と大幅に異なる交通需要などについて、状況の迅速な把握が求められる。さらに、それらに基づく誘導や復旧の検討、それに伴う交通影響・効果等の予測が可能となれば、現場の対応判断の一助になり得ると考えられる。しかしながら、稀有な事案でもある災害に対して専用の

システムを整備することは現実的には難しく、また有事に十分に使いこなせない懸念もある。そのため、普段は複数の機関が共同で、モニタリングや政策判断に活用し、日常利用を通じて使い慣れておけるような兼用システムとして運用する形態が現実的な一方策として考えられる。

以上を踏まえ、災害時に、交通障害の検出やその影響評価、優先的に仮復旧すべき路線の抽出、さらに将来的にはサービスユーザの誘導などに対応できるよう、段階的に機能拡充していき、平時には、交通のモニタリングやそれを踏まえた影響予測、それに対するマネジメントなどに活用できるようなデータ駆動型の交通需要マネジメントシステムを見据えて開発することにした（図-3）。

3. 交通需要マネジメントシステムの具現化

ここで、データ駆動型の交通需要マネジメントシステムを実現するには、変動の激しい交通状況を的確に捉えた予測が行える交通シミュレーションが必須であり、TDMに基づく行動変容（経路・出発時刻・交通手段）を反映した予測と、現実には発現しないwithout（行動変容なかりせば）との比較評価が必要となる（図-4 ①）。

また、適切なタイミングで、対象ユーザの行動変容をマネジメントするには、ユーザ任意のオンデマンド利用任せでは限界があり、push通知による直接アプローチが必須となる。但し、それにはユーザの未来の行動（移動経路・時間）を事前に把握し、交通状況も踏まえた影響予測に基づく「ユーザへの行動変容の個別アプローチ」を可能とする仕組みを構築する必要がある（図-1）。

このように、TDMシステムとして機能させるには、様々な変動を踏まえた行動変容効果の評価が可能な交通デジタルツイン（以下、交通DT）と移動（経路・出発時刻・交通手段）を選択・登録できる経路検索が連動し、日常的に利用される行動変容訴求サービスとして構成させることが鍵になると考えた⁸⁾。

(1) 変動を踏まえた行動変容の評価が可能な交通DT

a) 行動変容を評価できるシミュレータ・モデルの選定

TDMは、その大半が所謂広報に過ぎず、その実効性に加え、事前の見通しや、その効果検証なども不十分と

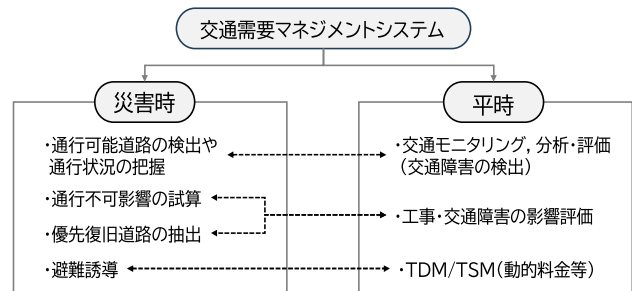


図-3 交通需要マネジメントシステムの平時・有事での役割



図4 交通需要マネジメントシステムWelmos Systemの全体像

いうのが実状である。そのため、今回試作する交通需要
 マネジメントシステム（以下、Wemos System）では、
 予測した交通影響が反映された行動変容訴求サービス
 Wemos Agentの利用を通じ、ユーザの移動の計画やその
 変更を支援し、予定ODとして交通影響予測・評価に入
 力する仕組みを実装した（図-4 ②）。なお、交通DTの
 予測モデルには、機械学習のような過去の類似パタンに
 基づく予測ではなく、ドライバの行動変容を反映するこ
 とを重視し、個別の行動内容を模倣できるマルチエー
 ジェント・シミュレータを採用することにした。

b) 交通の変動を踏まえた予測の具現化

交通影響は日々・時々刻々と変化している。このため、RASiNでは、過去実績に基づき日々の交通需要の変動を予測し、観測データをもとに予測結果をリアルタイムに補正する仕組み（以下、データ同化）を実装している（図-4 ③）。具体的には、30日後までの24時間分の予測と、当日に15分毎に行う2時間分の予測を併用することとし、これにより近い未来であるほど、精度の高い予測結果が得られる仕組みを実現させた。ここで、日々の変動を考慮した交通影響予測を実現するには、日々の交通需要の変動を反映した予測ODデータの推定が必要となる。図-5にそのプロセスを示す。まず、R3交通センサスの日単位ODデータをETC2.0データの時間分布実績を参照して平日/週末/休日別、車種別に時間分解し、基準ODデータを作成する。次に、阪神高速道路出入口影響ゾーンに対し、ETCデータの変動傾向を参照して未来日の対象ゾーンの発生・集中量の変動を状態空間モデルにより推定し、それを各出入口の影響圏に対して適用することで予測対象日のODゾーン毎の変動率を算出する。最後に、フレータ法を適用し、基準ODデータの時間帯別の交通量比率を極力維持しつつ、各ゾーンの発生・集中量が所与の変動率になるように変換して予測対象日のODデータを作成する。なお、Wemos Agentユーザの行動変容等を反映した予定ODは外生の交通需要として扱い、行動変容による交通需要変動に対応させた（図-4 ②）。

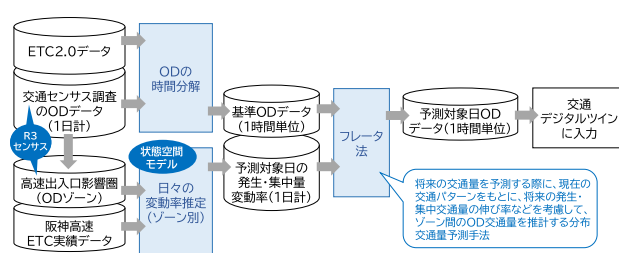


図-5 日々変動する交通需要（入力OD）の生成フロー

また、データ同化については、渋滞の発生メカニズムが交通需要と交通容量のバランスによるものであることに着目し、需要と容量を観測データに基づき推定し、予測再計算を繰り返すことで予測結果の補正を実現させることにした(図-6)。ただし、時間交通量を実測できる高速道路とは異なり、一般道路はカーブプローブデータによる速度情報のみが実測値となるため、渋滞流を対象に、観測速度とそのサンプル数を鑑みた予測値との重みづけによって算出する手法で補正を実現させている。

c) 対象範囲と空間解像度の合理化

道路ネットワーク（以下、道路NW）は、全高速道路を対象とし、一般道路は阪神高速道路と密接に関連する路線を選定した（図-4 ④）。ゾーンは、阪神高速道路が位置する阪神圏都心部では細かく、阪神高速道路から遠い郊外では粗くした。ここで阪神高速道路は阪神都市圏の交通影響緩和を目的に計画された高規格道路なため、阪神高速道路のTDMは阪神都市圏で評価すべきであり、その観点でも本稿の道路NW・ゾーンは合理的と言える。

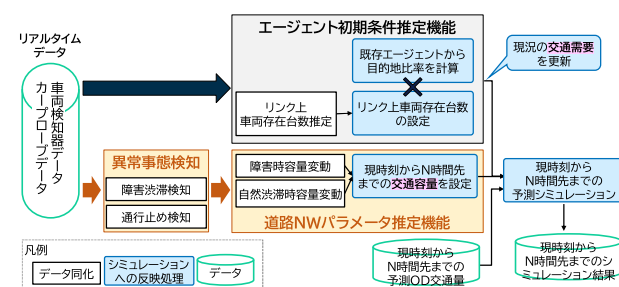


図-6 交通状況の変化に対応するためのデータ同化の仕組み

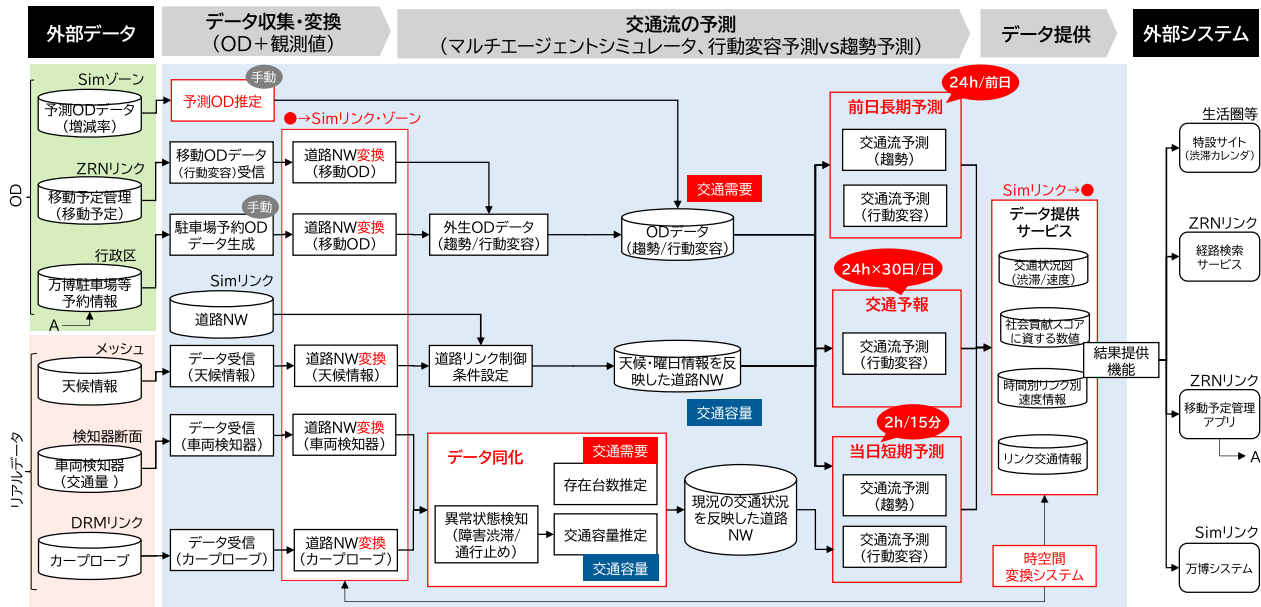


図-7 交通デジタルツインRASiNのシステムの全体構成

d) 全体の処理構成

処理の全体構成を図-7に示す。これにより、様々な位置表現の外部データを入力データとして採用し、民間サービスに適応した位置表現により外部提供していることがわかる。なお、これら様々な位置表現のデータを処理するための基準となる空間情報には、交通センサ番号、阪神高速道路上の検知器データなどの実証実験に必須のデータとの対応が既に存在していたシミュレーション用の道路NW（以下、Sim NW）を採用した。なお、メッシュ、ゾーンなどとの対応はSim NWの緯度経度情報を参照し、他の道路NWとの対応については対応テーブルを作成して処理することとしている。

(2) 行動変容を促進させる連携サービス

a) 行動変容促進サービスのあり方

現状の移動支援サービスはオンデマンド利用が多いが、慣れた移動の際には必要とされない。それどころか必要な際にも、高精度だが使い慣れていないナビ専用アプリより多用途で使い慣れたGoogleマップ等を利用する人が少なくない。このため、日常生活で使われない移動支援サービスをTDMとして機能させることは困難と考えた。とはいえ多用途に対応したサービスの追求には限界があることから、日常利用されやすいサービスをベースに移動支援機能を付加する形態が、TDMとして機能するサービスを生み出す近道と考えた⁸⁾。これにより、多くの人が日常利用するスケジュールアプリをベースに、外出先までの移動を経路・出発時刻などの比較を通じて選択連携で具現化した行動変容訴求サービス



図-8 行動変容促進サービスのあり方

・登録させ、登録経路で過度な渋滞発生が予測された場合にはアラートで回避を促すなど、行動変容を促進させるUI/UXでマネジメントとして機能させている（図-8）。

b) 社会視点の移動の価値化

移動においては、これまで、旅行時間・費用等の経済的価値が重視される傾向にあったが、それだけでは社会全体の生産性向上や環境問題の解決といった、社会的価値の高い交通状態の達成は望めない。そのため前述の経路検索を通じた移動の工夫（経路・出発時刻・交通手段の変更）で交通環境全体（総旅行時間・環境負荷・事故リスク）の改善に貢献（社会的価値）することを、交通DT算出の評価点（以下、社会貢献スコア）の付与によって実感させ、それによりスコア獲得がユーザにとっての価値と感ずるようになれば、自ら高スコアとなる移動を選択するようになると期待している。なお、社会貢献スコアは、個人単位の累計に加えて、所属組織単位でも集計可能とし、個人の獲得スコアが集まれば、所属組織の社会的評価の向上にも寄与する仕組みとした（図-9）。

c) 交通DTと連動した行動変容促進サービスの実装

本節では、TDMとして機能させる行動変容促進サービスについて必要となる具体的な機能について概説する。

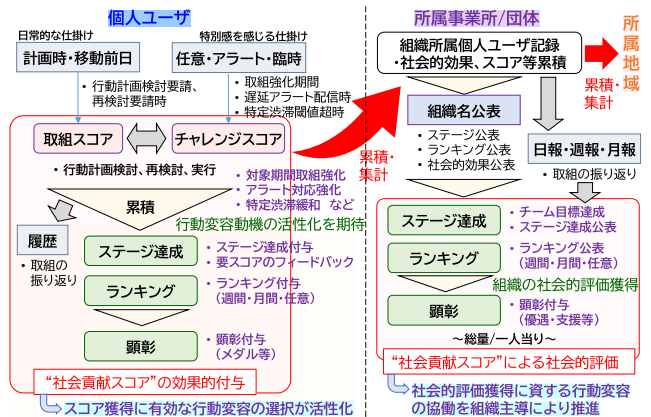


図-9 社会貢献スコアを活用した行動変容戦略イメージ

誰でも任意に利用できるオンデマンドサービスは取り組みの認知を拡げるのには適しているが、マネジメントとして機能させるには限界がある。そのため渋滞回避に資するpush通知を実現するために、日常的に登録が為されるスケジュールアプリに着目し、経路検索サービス Welmos Route (図-10) や交通DTのRASiN と連動させて移動予定の自然な登録を図り、行動変容を促進させるUI/UXを備えたWelmos Agent (図-11) として具現化する。

Welmos Agentでは、スケジュールと連動した経路検索サービスWelmos Routeの操作を通じて、合理的な移動選択(経路・出発時刻・交通手段)を支援しており、旅行時間・高速料金、社会貢献スコアによって、経路は標準

的な経路と都心迂回を優先する経路との比較が、出発時刻は前後2時間までの間が30分刻みで比較できるUIとなっており、さらに、公共交通の標準的な旅行時間・料金(詳細は時刻表反映の無料サイトへのリンクにて対応)とも比較可能となるため、交通手段の変更の検討も可能な行動変容訴求サービスとなっている。なお、経路検索を通じて登録された経路において、RASiNにより渋滞発生が予測された場合には、該当ユーザへ渋滞予測アラートが配信される仕組みとなっており、このアラートを参考にユーザは渋滞を極力回避する移動を再検討できる。

加えて、RASiN算出の交通予測に基づき渋滞予測カレンダーとして提供することで、渋滞予測日の予定の日時変更などによる渋滞回避も後押しする(図-8)。

また、社会視点による行動変容が活性化されることを期待して、移動の工夫によって生み出された社会的価値を表す社会貢献スコアを獲得・蓄積することへの嗜好性を刺激するために、例えば、行動変容に資する操作によって獲得スコアが増える状況が実感できるUIとしている。さらに、個人が蓄積したスコアについては所属する組織単位でも集計ができるようにしており、組織保有のスコアが貯まれば組織のCSRとしても活かせるよう、スコアの公正性には留意しつつ、社会的浸透を図っていきたい。

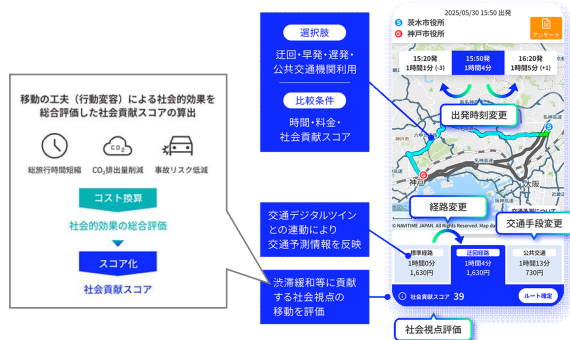


図-10 経路検索サービスWelmos Routeの概要



図-11 行動変容訴求サービスWelmos Agentの概要

2025年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
大阪・関西万博					大阪万博(4/13~10/13)					
会場の混雑予測				やや混雑	混雑	やや混雑	混雑	非常に混雑		
交通需要			日常交通	GW	働きかけTDM①			働きかけTDM②		
実証実験フェーズ		調整期(非公開)		準備期(非公開)	第1期 ※社会実装①		第2期 ※社会実装②			
検証内容				・万博来場交通の把握 ・予測の万博交通対応 ・各種閾値・変数検証		・予測精度検証・改善等 ・サービスの有用性の改善等 ・各種閾値・変数更新・精緻化		・予測精度検証・TDMシステム評価等 ・サービスの有用性の評価等 ・行動変容効果の評価等		
交通デジタルツイン(RASiN)		★アップデート	日常交通実証実験	日常交通+万博交通予備検証	日常交通+万博交通実証実験					
経路検索サービス(Welmos Route)			日常交通実証実験	事前検証(外部非公開)	実証実験(一般公開)					
スケジュール管理アプリ(Welmos Agent)			社内モニタ調査(外部非公開)	社外モニタ調査(外部非公開)	実証実験(一般公開)					

図-12 実証実験の概略スケジュール

4. 実証実験計画の概要

今回試作したWelmos Systemは、阪神都市圏の30日先までの交通状況を予測し、当日はリアルタイムの交通状況を踏まえた予測を随時更新して、予測に基づく行動変容を連携するWelmos Agentで促進させ、変容結果をさらに行動変容の訴求材料として活用するといった、TDMをデータ駆動型のマネジメントシステムとして具現化したものである。そのためWelmos Systemを用いた実証実験では、RASiNの予測精度の検証、Welmos Agentの有有用性や行動変容効果に着目した評価を行っている（図-12）。

ここで、実証実験は実践的な検証の場と捉えており、様々な条件下での予測精度の評価や、行動変容へ効果的に導くためのUI/UXの評価、各種パラメータの妥当性検証などを通じて、万博後にはより実用的なシステムとして機能するよう、段階的なアップデートを計画している。なお、博覧会協会の公表では8月後半以降が最繁忙期であることから、本実証実験としても、この期間を対象に、より多くの行動変容を実現させたいと考えている。

5. Welmos Systemの利活用の可能性

交通需要マネジメントシステムWelmos Systemは、TDMでの活用も含め、交通業務の高度化に資する様々な利活用が期待されている（図-13）。これは、RASiNが交通量を推定していること、データ同化により交通流の異常を検知する仕組みを具備していることによるものである。なお、これらは阪神高速道路だけでなく、他の高速道路や国道等にも準用できるものであることから、それらを踏まえた利活用の拡大も検討していきたい。

一方、都市の潜在力を評価する際には人流の把握が欠かせないが、Welmos Agentでユーザの行動パターンを把握することができるため、将来的にユーザが増加すれば、交通手段別トリップチェーン（TC）の拡大生成によるパーソントリップ調査の代替や、阪神都市圏の属性別の行動モデルの構築などを通じた需要予測¹⁰⁾などへの拡張も期待されるため、今後は検討の視野に入れていきたい。

また、RASiNでは、当面、交通容量の低下区間や通行止め区間のリアルタイム検出の精度向上を図っており、例えば、災害時に、救助対象エリアの孤立（アクセス不能）有無やアクセス時間、その属性構成（高齢者有無）等を鑑みた救助活動計画がシミュレートできれば非常に有用となるだろう。また、要支援対象への確実な物資支援を行うために復旧優先度の高い被災道路の選定や、緊急車両・支援車両以外の無秩序な現地入りの制限等に必要の制約条件を算出するためのシミュレーション機能としても有用となるポテンシャルを秘めている。

このように、Welmos Systemは、様々な活用性を秘めており、今後は、平時には、人流や交通状況のモニタリングや事故等の交通障害（車線規制・通行止め）の検出、道路工事の事前の影響把握や通行止め期間中の配送計画の支援など、日常利用システムとして充実を図る一方、災害時には、被害状況の把握や影響のシミュレーション、応急対応の優先度の選定への活用を見据えるなど、様々な場面に対応できる、平時・有事兼用の交通マネジメントシステムとして拡張していくことも検討していきたい。



図-13 交通需要マネジメントシステムの利活用イメージ

6. まとめ

本稿は、大阪・関西万博開催中の阪神都市圏で実施中の交通需要マネジメントシステムを活用した実証実験について、システムの構成や特徴的な機能、その利活用の可能性についてまとめたものである。今後は、実験の結果を踏まえ、機能改善の他、運営体制や運用費合理化の検討など、本格実装に向けた検討を進めていきたい。

参考文献

- 1) 阪神高速道路株式会社：NTTと阪神高速、都市の道路交通の整量化に貢献するデジタル技術を活用した新たな交通マネジメントの実装に向けた検討を共同で実施、2023.4.21.
- 2) 阪神高速道路株式会社：NTTグループと阪神高速、Well-Movingな移動社会の実現に向けた実証実験を開始、2025.6.18.
- 3) 国土交通省：社会資本整備審議会道路分科会第 76 回基本政策部会・資料 2-1 ICT 交通マネジメントの展開、2021.12.24.
- 4) 国土交通省：社会資本整備審議会道路分科会第 81 回基本政策部会・資料 3 今後の ICT 交通マネジメント、2022.3.23.
- 5) 国土交通省近畿地方整備局：近畿ブロック 新広域道路交通計画、2021.7.
- 6) 国土交通省近畿地方整備局：報道発表資料、「地域の主要渋滞箇所」の公表について ～官民一体で兵庫県内の主要渋滞箇所を選定～、2013.2.15.
- 7) 国土交通省近畿地方整備局：近畿版道路啓開計画(案)、2025.3.
- 8) 児玉崇ら：データ駆動型の交通需要マネジメントシステムの構想、第 21 回 ITS シンポジウム 2024、2024.
- 9) Welmos実証実験事務局：Welmos Agent、<https://agent.welmos.jp/>
- 10) 大竹司真、菊池輝：データ同化を実装した需要予測シミュレーションシステムの構築、土木学会論文集 D3（土木計画学）、Vol.75, No.5, I_697-I_613, 2019.