

次世代の交通需要マネジメントのあり方 に関する一考察

兒玉 崇¹・飛ヶ谷 明人¹・岩里 泰幸¹・中田 諒¹・吉村 敏志¹

¹正会員 阪神高速道路株式会社 DX 戦略本部 (〒530-0005 大阪府大阪市北区中之島 3-2-4)

E-mail: takashi-kodama@hanshin-exp.co.jp

E-mail: higatani-akito@hanshin-exp.co.jp

E-mail: yasuyuki-iwasato@hanshin-exp.co.jp

E-mail: ryo-nakata@hanshin-exp.co.jp

E-mail: satoshi-yoshimura@hanshin-exp.co.jp

近年、センシング技術やデータ処理技術の高度化、MaaS の登場、さらに様々な分野で人を動かす技術や手法の実例が増えてきており、交通状況や人の動きを把握して、人が行動を変えられるように選択肢を増やし、効果的に働きかけて行動変容を促すことで交通影響の改善を図っていく交通需要マネジメントが発展期を迎えつつある。本稿は、次世代の交通需要マネジメントのあり方を見出すことを目的に、課題や関連する技術、取り組みの現状を俯瞰し、今後の検討の着眼点や方向性についてまとめた一考察である。

Key Words: TDM, MaaS, digital twin, personalize, recommend, eco-system

1. はじめに

高速道路等の高度経済成長期に建設された道路構造物は高齢化が進んでおり、交通インフラは建設フェーズから維持修繕・大規模更新フェーズに差し掛かっている。

このような社会情勢にある中で、都心部では大規模な渋滞が未だ局所的に多発していることから、これら渋滞を緩和していくためには、移動の仕方を大規模に変更するように導くことで道路利用の平準化を図る施策（交通需要マネジメント）を強化していかなければならない。

近年、センシング技術やデータ処理技術の高度化、MaaS (Mobility as a Service) の登場、さらに様々な分野で人を動かす技術や手法の実例も増えてきており、交通の状況や人の動きを把握して、人が行動を変えられるように選択肢を増やし、効果的に働きかけて行動変容を促すことで交通影響の改善を図るといった方策を進化させる下地が整いつつある。加えて、大阪・関西万博 2025¹⁾の開催が、多くの人を動かすために必要な様々な連携に向けた機運を高めるなど、交通需要マネジメントを大きく進化・発展させるには今が絶好の機会と捉えられている。

そのため、今後具体的な検討が為されることを見据え、現状を俯瞰し、次世代の交通需要マネジメントのあり方を整理しておくことは意義が大きいと考えた。

以上の背景から、本稿は、次世代の交通需要マネジメントのあり方を見出すことを目的に、課題や関連する技術、取り組みの現状などを俯瞰し、今後の検討の着眼点や方向性についてまとめた一考察である。

2. 交通需要マネジメントの現状と課題

(1) TDM と TSM

本稿では、交通規制・交通制御の他、様々な働きかけ等を通じて、交通をより望ましい状態に保つことを交通需要マネジメントと解釈しているが、交通需要マネジメントには、交通需要マネジメント (TDM : Transportation Demand Management) と交通システムマネジメント (TSM : Transportation System Management) がある。

表-1に、それぞれの位置づけと具体的な施策例を整理した。表-1より、交通システムマネジメントは、管理者等による交通規制・交通制御に類するものであり、対象道路を利用する全てのユーザが強制的に影響を受けるが、それに対し、交通需要マネジメントは、交通に影響を与えるほど多くのユーザへの様々な働きかけを通じ、ユーザ自身が自らの判断で行動を変えることで、より望ましい交通状態へと導く行動変容政策と見做すことができる。

表-1 TDM と TSM

分類	交通需要マネジメント(TDM) (Transportation Demand Management)	交通システムマネジメント(TSM) (Transportation System Management)
位置づけ	・交通に影響を与えるほど多くのユーザへの様々な働きかけを通じ、ユーザ自身が自らの判断で行動を変えることで、より望ましい交通状態へと導くもの	・管理者等による交通規制・交通制御に類するもの
具体的な施策例	・情報提供(経路・時間帯・交通手段別): 〔渋滞、所要時間、交通障害(事故、故障車)、交通規制(工事、事故)等〕 ・働き方改革: 〔テレワーク、時差出勤、フレックスタイム等〕 ・コミュニケーションによる行動変容方策: MM(Mobility Management)、ナッジ、ゲーミフィケーション、ポイント、クーポン、MaaS(Mobility as a Service)等	・車両通行制御:通行禁止、右左折禁止等 ・信号制御 ・入路制御:入口閉鎖、ランプメータリング等 ・速度制御:速度規制、動的速度規制等 ・ロードプライシング、動的課金等

そのため、普段の行動を変えても良いと思えるような訴求力がなければ、効果は発現しないし、算段も難しい。一方、他サービスとの連携で効果が劇的に高まったり、その効果が別の施策・サービスの活性化につながったり、さらにその活性化によって新たな恩恵が生み出されたりと、連携次第では、その発展性は計り知れない(図-1)。

本稿は、この交通需要マネジメントに着目したものであり、昨今の技術的・政策的トレンドなども踏まえつつ、次世代の交通需要マネジメントのあり方を見出すことに資することを目的としている。

(2) 交通需要マネジメントの現状課題と対応の着眼点

a) 多大な交通影響への新たなマネジメントの必要性

大阪都市圏では、現在通行止中の阪神高速 14 号松原線喜連瓜破付近の大規模更新工事²⁾の他にも、数年内に、多大な交通影響が懸念される大規模交通規制工事の計画や、大阪・関西万博 2025 等の集客力のある大規模イベント等が予定されており、これまで考えられなかった規模の交通影響が管理内外の道路に及ぶことが懸念されている³⁾。なお、これら交通影響は、渋滞による時間損失に加え、環境負荷増大や地域経済停滞を引き起こす恐れもあることから、最新技術等も活用した新たな交通マネジメントの実装は喫緊の課題に位置付けられている。

一方で、様々な移動支援サービスが溢れ、道路ユーザの移動に対するニーズも多様化していることを鑑みると、半ば強制的な規制や制御(交通システムマネジメント)の受け容れは今後厳しくなる可能性もあると想像される。

以上から、道路ユーザの多様な移動ニーズと(管理外道路への影響も含む)道路交通全体のバランスが取れた新たな交通需要マネジメントについて、新技術等の動向も見極めながら検討を始める時期が来たと捉えている。



図-1 連携による交通需要マネジメントの発展性(イメージ)

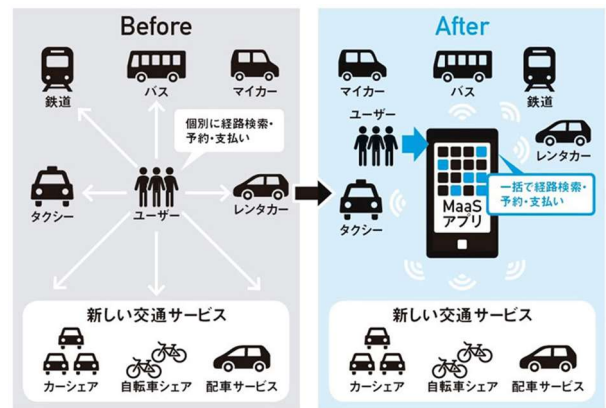
b) 管理道路限定サービスの限界

一方、各道路管理者は、当該管理道路のサービス向上に努めてはいるが、交通需要マネジメントとして機能するには、交通影響が改善されるほど多くのユーザが行動を変える必要があるため、特定の交通サービスでそれを実現しようとするのであれば、相当量の利用が必要になる。しかしながら、道路ユーザは特定の道路だけでなく、他の道路も含めて利用するため、特定の道路に限定したサービスではユーザ獲得にも限界がある。さらに、昨今、MaaS (Mobility as a Service) という概念が徐々に認知されており、異なる移動手段の比較・選択や、移動先で利用するサービスとのセット利用など、様々な種類のサービスを、1つのアプリからシームレスに利用できる環境が望ましいという風潮が醸成されつつある(図-2)。

そのため、移動手段に加え、移動目的等にも関連する情報・サービス・交通手段等とも連携した総合サービスの提供が時代のニーズに応えるためには必要で、それには多様な連携を可能とする情報基盤(MaaSプラットフォーム)が必要となる(図-3)。また、多くのユーザが同情報基盤に頻繁にアクセスすることになるように、タッチポイントの広範な拡大も重要になるだろう(図-4)。

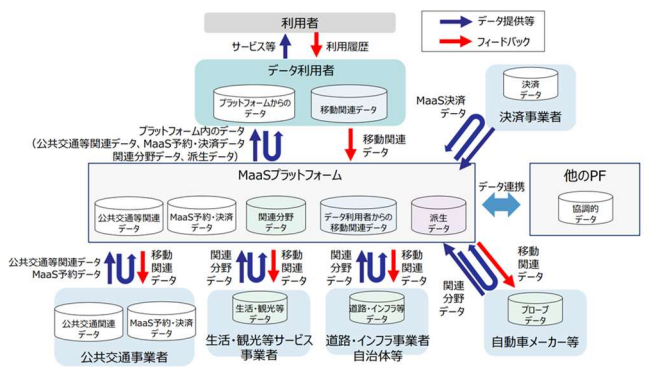
c) 行動変容を促す従来手法の限界

昨今、大規模規制工事等において、交通管理者や民間事業者との連携を通じて交通情報を提供し、移動(経路、時間帯、交通手段)を分散させるための行動変容を促す



引用:『MaaS モビリティ革命の先にある全産業のゲームチェンジ』(日経BP)

図-2 MaaS (Mobility as a Service) のイメージ



引用:『MaaS関連データの連携に関するガイドライン Ver.1.0』

図-3 MaaSにおけるデータ連携(イメージ)

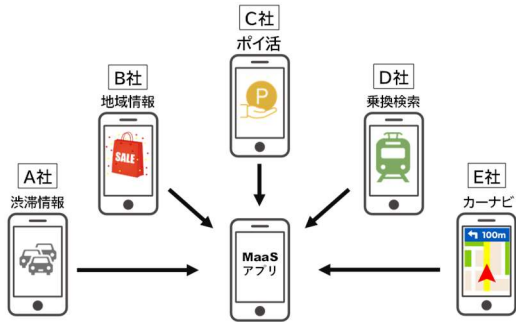


図4 タッチポイントの広範な拡大のイメージ

事例が見られるようになってきたが、所要時間の変動は日常茶飯事ということもあってか、現実には、多少の所要時間の増減などは意に介さず、普段の利用ルートを目的に利用するユーザも少なくない。従って、従来からの交通情報提供中心の訴求だけでは行動変容の実効性に限界があり、例えば、移動後の行動（アクティビティ）に着目としたアプローチも今後は必要になると思われる。

一方、属性や嗜好性、行動パターンなど、個人の理解に基づき、顧客一人ひとりの特性に応じた情報・サービスを提供するマーケティング手法であるパーソナライズが、行動変容を促す手法としても注目されている。また、ゲーム要素を採り入れたゲーミフィケーション⁴⁾や、ポイントやクーポンなどのインセンティブの効果的付与といった、行動変容動機活性化手法も近年注目されるようになっており、これらの事例については4章で後述する。

このように、人を動かすという文脈において、アクティビティへの訴求や土木交通分野に限定しない、他分野で用いられている動機活性化手法の導入が増えつつあるというのが昨今のトレンドと言えよう。

d) 画一的な訴求における効率性・合理性の限界

行動変容を促す際の有効な手段であるインセンティブの付与は、現状は、利用傾向や多様な嗜好性を無視した一様なものとなっており、行動変容とは無関係なユーザにも付与してしまったり（図-5）、嗜好性等を反映できていれば、よりリーズナブルなインセンティブでも効果を発揮した可能性もあったなど、行動変容施策としては効率が悪く合理的でない場合も多いのが現状である。

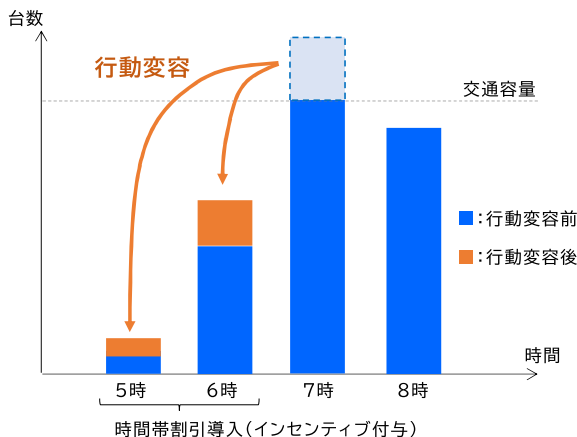


図-5 非効率となりがちなインセンティブ付与（時間帯割引）

そのため、個人の理解に基づくパーソナライズ手法と同様に、ユーザのタイプごとに訴求内容を使い分けたり、インセンティブも個人の利用特性に応じて設定するなどに対応が望ましいと考えている。なお、インセンティブの付与にあたっては、ポイントやクーポンの発行などの決済機能が必要となり、さらに、これらを継続的に運営していくには、レベル2以上のMaaSに対応できる情報基盤（MaaSプラットフォーム）の整備が必要なことにも留意が必要である（表-2）。

e) 根拠に基づかない経験則や都合に依る訴求の限界

現状は、訴求内容が政策側の経験則に依っていたり、担当者都合の時間での情報配信となる場合が多く、上記のような多様な要求・条件を満たすのは極めて困難である。しかも、交通状況は常に変化しているため、変動を踏まえた予測に基づく実施が本来は望ましいはずである。

そのため、今後は多様性や変動に配慮した最適な内容やタイミングでの合理的な施策実施が重視されるようになると思われる。従って、交通マネジメントにおいても、交通データの常時観測とシミュレーションの常時運用により、変動を反映したリアルタイムでの予測や膨大な組合せから最適解の逐次導出を可能とするダイナミックな事前評価に対応したデジタルツイン技術（現実世界の情報をもとに、サイバー空間に「双子」を構築し、事前評価等の様々なシミュレーションを行う技術）等が必要とされる時代に備えることが重要だと考えている（図-6）。

(3) 現状課題の解決に必要な着眼点

多様性への対応や社会性が求められる時代においては、多様な移動ニーズと道路交通全体のバランスの取れた交通マネジメントの検討が必須であり、求められるサービスも、様々な情報・サービス・交通手段等とも連携した総合サービスになると予想される。なお、その実現へは、多様な連携により、“様々な相乗効果を生み出すエコシステムの構築”が前提になる可能性が考えられる。また、訴求対象数を確保しつつ、これら多様性に対応した有効な施策を展開するためには、個人の理解に基づくパーソナライズされたレコメンドや行動変容動機活性化の工夫、個人の特性に応じたインセンティブ設計など、“個に着

表-2 MaaSレベルの解説

MaaSレベル	レベルの定義	概要	サービス例
4	政策の統合 Integration of policy	スマートシティのような上位の政策目標や交通政策に統合された移動手段を実現するサービスを提供	-
3	サービス提供の統合 Integration of the service offer	予約や決済に加えて、サービス独自の料金体系を持ち、異なる移動手段をシームレスにつなぐサービスを提供	フィンランドのWhim スウェーデンのGreen Class など
2	予約と決済の統合 Integration of booking and payment	異なる移動手段をまとめて検索でき、予約や手配も行うことができる統合サービスを提供	タイムラのMoovel ロサンゼルス市のGo LA など
1	情報の統合 Integration of information	異なる移動手段の情報を統合して提供	Google Map, NAVITIME, Citymapper, Trip Go(シ アトル), などによるルートや 所要時間, 料金の検索など
0	統合なし No Integration	事業者毎に移動手段や附属するサービスを提供	個別の交通事業者が提供する 移動手段やカーシェア, 自転車 シェアなどのサービス

参照: チャルマース大学(スウェーデン)の定義

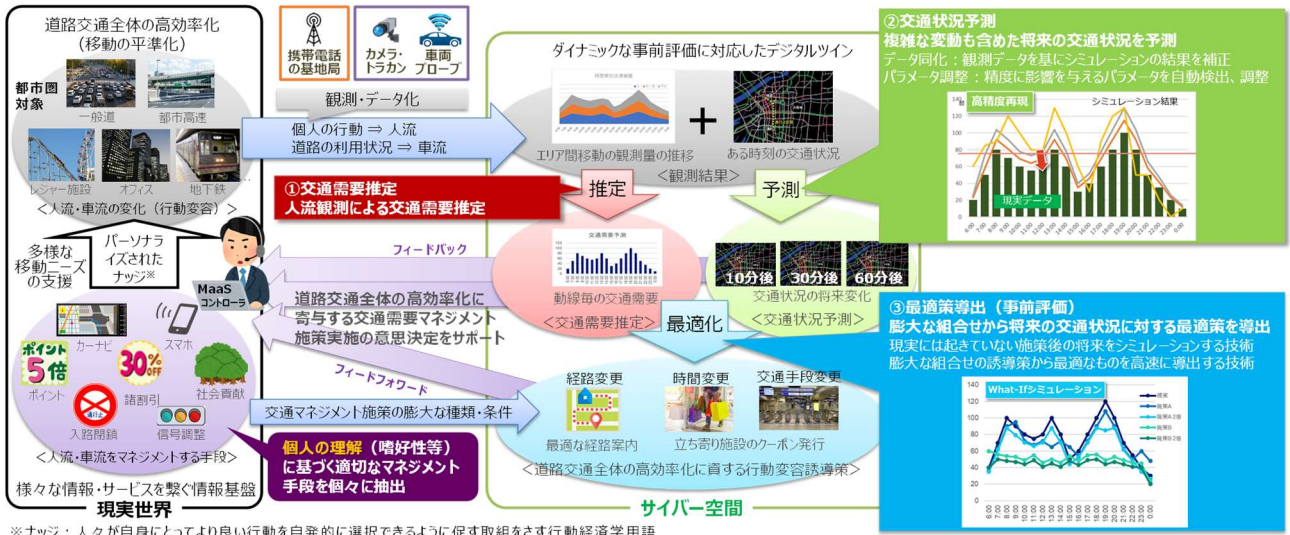


図-6 ダイナミックな事前評価に対応したデジタルツインの活用による交通需要マネジメントのイメージ

目した動機活性化手法の導入”にも重点を置くべきだと考えている。さらに、それらを合理的に活かすためにも、日々の変動が考慮されたシミュレーションを用いた事前評価の導入など、“変動を踏まえたデジタルツイン技術の実装”に向けた準備をする時期に来ていると思われる。

以上のように、“変動を踏まえたデジタルツイン技術の実装”や“個に着目した動機活性化手法の導入”，“様々な相乗効果を生み出すエコシステムの構築”の3つの視点が、交通需要マネジメントの現状課題の解決策を検討するうえで必要となる着眼点と考えた(図-7)。

3. デジタルツイン関連技術の現状

本章では、前述の着眼点のうち、“変動を踏まえたデジタルツイン技術の実装”に着目し、交通需要マネジメントにおいて必要と目されるデジタルツイン関連技術の現状について整理した。

(1) センシング

統合サービスの実装には、管轄に囚われない広範囲の把握が必要になると思われ、近年、従来からの車両検知器や画像センシングなどの定点観測に加え、人や車両などの移動体それ自体をセンサとして、その動きを追跡する移動体観測(リモートセンシング)が注目されている。なお、定点観測は、限られたエリアだが全数を捉えられるのが強みであることに対し、移動体観測は、一部の携帯電話や車両に限られるため絶対量は観測できないものの、広範囲の常時観測が可能になることから、サンプルデータ特有の諸課題に対処さえできれば、広く状況を捉えることができるという強みを遺憾なく発揮できる。

例えば、NTTドコモが提供するモバイル空間統計⁵⁾は、携帯電話サービスを行う基地局ごとに周期的に把握して

いるエリア内の携帯電話台数を集計し、エリア単位でのドコモの普及率を加味して統計処理することで、都市の属性別人口分布を1時間・エリア単位で推計したもので、これを活用したOD推計手法の研究⁶⁾もされ始めている。なお、現状、10年に一度のパーソナリティ調査しか活用できる都市圏の人流データはなく、それも日々の変動を踏まえたものではないため、この携帯基地局情報に基づくODデータは、精度や手法の妥当性に未だ課題はあるものの、行動変容施策を検討するうえで必要であり、道路事業者が知る由もない、ダイナミックな人流やその移動目的を把握するうえで有望な手法になる可能性を秘めている。また、車両プローブも、代表性の確証がないサンプルデータであるため台数やODの厳密な把握には適さないものの、データ取得が困難な管理外道路を含む広範囲のリンク速度を把握できることから、管理道路に対する施策の結果、影響を受ける管理外道路の交通影響の把握には有用である。今後、管理内外への交通影響の大きいイベントが予定されているが、広範囲の常時観測に有用な移動体観測を、人や車両のリアルタイムの変動も踏まえた管理外での状況把握に用いておくことで、管理内のダイナミックなマネジメントの精度向上や影響把握が求められる状況になったとしても対応は可能となる。



図-7 交通需要マネジメントの現状課題の解決に必要な着眼点

(2) シミュレーション

渋滞は、交通需要と交通容量のアンバランスによって発生するが、いずれも日々の変動が相応にある。近年、センシング技術の発展により、常時観測・リアルタイム処理が可能なデータが使えるようになりつつあり、それに伴い、予測結果を簡易なモデルと実測値で補正するデータ同化⁷⁾の活用が各分野で増えている。なお、リアルタイム交通シミュレーションに関しては、次段階の予測における初期状態を実績値に都度更新することで予測精度を高める仕組みが、既に都市高速道路ネットワーク単位では実装（阪神高速道路交通流シミュレーション：HEROINE⁸⁾）されており、次のステップとして影響範囲を拡張（一般道路含む）した際には、処理速度の向上がリアルタイム運用での当面の課題になると想定される。

なお、シミュレーションモデルを精緻化したとしても、インプットである交通需要が実態と乖離していればシミュレーションとして役に立たない。従って、シミュレーションの精緻化とともに、交通需要も変動を踏まえた高精度化が必要なため、携帯基地局情報等から交通需要を高精度に推定するための今後の技術開発に期待したい。

(3) ソリューション（最適策導出）

本項は、事前評価として、膨大なパタンの施策の試算を通じて最適な施策を導出する技術について紹介する。

近年、データ処理技術が大きく進化しており、サイバースペースで事前評価を行ったうえで、最適な施策を講じるデジタルツインの政策活用が検討され始めている。なお、交通需要マネジメントに適用する場合には、施策も多様で個人との相性も様々となることから、事前施策の組合せのパタン数も膨大となる。そのため、事前評価として最適策の導出を行うには、膨大なパタン数に対し、その効果を高速処理で算出し、最も KPI 評価の高いパタンを最適策として導出する技術が必要となるはずで、近年、こうした技術の開発が各方面で活発となっている⁹⁾。

なお、この事前評価の過程で、取り組みの社会的価値を様々な指標で評価することも可能になるが、デジタルツインを政策活用していくためには、事前評価に基づく施策実施に対しての社会的理解を得る必要があるため、効果等の発信はその重要なプロセスになると考えている。

(4) パーソナライズ

パーソナライズは、マーケティングの世界で多用されており、ひとり一人の属性や趣味嗜好、行動パターンなどにあわせて、最適なタイミング・場所において、最適な対象に対し、最適な手法によって情報やサービスを提供するといった個人の理解に基づく個別アプローチにより、行動意欲を高めるもので、実績も豊富にある。なお、継続的に機能させるためには、ターゲットの行動や考え方

の変化を常にモニタリングしておくことが求められる。そのため、アンケート等で個人の特性を一時的に把握できても継続的なモニタリングの必要性を鑑みると、会員基盤等で継続的に情報管理の方が合理的である。また、オンデマンドな検索を通じて個別ニーズ（入力条件）に応じた情報提供も可能だが、行動変容の実効性や継続利用を見据えると、運営側からの個別の情報配信（PUSH 配信）が望ましい。以上から、道路交通分野においても、大規模会員基盤に基づく個別アプローチによる行動変容施策の実装を検討する時期に来ていると思われる、まずは試行を通じて効果や課題の把握に取り組むべきであろう。

(5) MaaS プラットフォーム

行動変容を促すためには、代替となる選択肢（経路・時間帯・交通手段の変更）を比較として示したり、動機活性化のために、移動先の行動に関連する諸サービスとシームレスに連携させることが効果的であるが、それを実現するためには、代替となる選択肢（他交通手段含む）や移動先でのサービスとの多数の連携を可能とする情報基盤（MaaS プラットフォーム）が必要となる。また、動機活性化のためのインセンティブ付与を実装するためには、他の交通手段や移動先でのサービスの利用に際し、ポイントやクーポンの付与や合算が可能なサービス統合が為された決済機能も必要になる。なお、これらの実装に関しては、現状でも技術的には可能となっている。

4. 昨今の行動変容施策の傾向

前章では、次世代の交通需要マネジメントに資するであろう、デジタルツイン関連技術の現状を整理したが、本章は、行動変容の実効性向上に寄与する“個に着目した動機活性化手法の導入”や“様々な相乗効果を生み出すエコシステムの構築”に着目し、昨今の関連する取り組みを取り上げて紹介する。

(1) パーソナライズされたレコメンド

パーソナライズされたレコメンドは、行動変容施策において有効な手法となり得る。本項では、このパーソナライズの種別について、昨今の関連事例を整理した。

a) 登録情報に基づくパーソナライズ

阪神高速道路の交通情報配信サービスである阪神高速はしれ GO!¹⁰⁾（阪神高速技研株式会社運営）は、阪神高速道路は定常利用が多いため、登録者向けに登録情報（マイルート）に関するきめ細やかな PUSH サービス（所要時間や交通状況を指定時刻にメール配信）を提供している。なお、交通影響は日々異なることから、個人の利用に特化した情報配信には一定のニーズがある。

b) 行動理解（リアル行動）に基づくパーソナライズ

NTT ドコモと JR 東日本は、ドコモ運営の「dポイントアプリ」のユーザの中から、JR 山手線の混雑区間・時間帯に乗車するユーザを募集し、アプリ上で同ユーザにメッセージを PUSH 配信して、メッセージを受領した参加ユーザが翌日混雑を避ける行動を行うかを評価する実証実験を行っている¹¹⁾。なお、配信するメッセージは、会員基盤が把握する個人の様々な行動の分析結果に基づき有効と整理されたものが自動で選択・配信されている。

c) 検索（ネット行動）に基づくパーソナライズ

阪神高速では、2020 年・2021 年の秋に半周分ずつ実施した阪神高速 1 号環状線の通行止工事において、期間中の利用計画等を支援する経路検索サービスを、連携した株式会社ナビタイムジャパンが提供した¹²⁾。ユーザは、出発地・目的地・出発（到着）時刻などを条件入力して検索すれば、期間中の通行止が考慮された迂回経路やその所要時間がフィードバックされ、さらに、公共交通利用や時間変更した場合の所要時間との比較も提供されて、公共交通が早い場合は強調される仕組みとなっていた。このように、検索（条件入力）を通じて、ユーザー一人ひとりにパーソナライズされた情報が提供され、加えて、行動変容を促すための移動支援情報が、比較や視覚的な強調による推奨情報として提供されることで行動変容を促す PULL サービスとして機能していた（図-8）。

なお、条件入力が都度必要な、これらのオンデマンドサービスは、ユーザの関心が高い場合や、新規ユーザを開拓する場合には良いが、次第に利用が減るのが通例で、サービスが継続利用されるためには登録を促して PUSH 配信も併用するか、他サービスから条件入力なしで検索結果が自動表示されるような仕組みが必要と思われる。



図-8 1号環状線の通行止工事で提供した経路検索サービス

(2) 動機活性化手法に基づく行動変容促進

行動変容施策は、普段であれば採り得ない行動を選択させる働きかけとなるため、行動を変えさせるためには動機を活性化させる仕掛けが重要となる。本項では、昨今、各地で実施されているサービスや実証実験の中から、行動変容動機を活性化させる仕掛け（動機付け）として準用できそうなものを取り上げている。ちなみに、仕掛けには、報酬や評価といった外発的動機付けや、強い興味や探求心を刺激するなどの内発的動機付けがある。

a) インセンティブ&送客

昨今、ポイントを貯めるために行動し、集めたポイントは商品やクーポンと交換等ができる Miles¹³⁾などの移動ポイ活サービスが人気である。マイルは環境にやさしい移動をすると多く貯まる仕組みとなっており、これにより環境負荷の少ない移動を促す環境活動の側面を持つ。また、マイルは、行動変容の後押しだけでなく、店舗への送客（売り上げ増）の役割も果たしている。

このように、移動を数値化することで、様々な可能性が広がる。例えば、Miles のように、移動先での行動（アクティビティ）の一つである消費サービスと連携し、インセンティブと関連付けることで win-win を構築した事例は、サービスやマネジメントの場面でのインセンティブ活用を検討するうえで非常に参考になるものである。

b) 恩恵の可視化

行動変容を促す際に最も明快なのが、客観的事実の比較を通じて、代替行動の優位性を認識させることである。比較は定量比較が望ましいが、定性的な比較でもインパクトを与えることができれば相応の効果を発揮できる。2021 年秋に実施した阪神高速 1 号環状線の通行止工事¹⁴⁾では、可視化した効果の比較が、行動変容の誘導において有効であったことが確認されている（図-9）。

c) ナッジ

昨今、行動経済学の知見を活かしたナッジ（人々が自身にとってより良い行動を自発的に選択できるように促す取り組みを指す行動経済学用語）によって、人々の行動変容を強く促すアプローチに注目が集まっている。

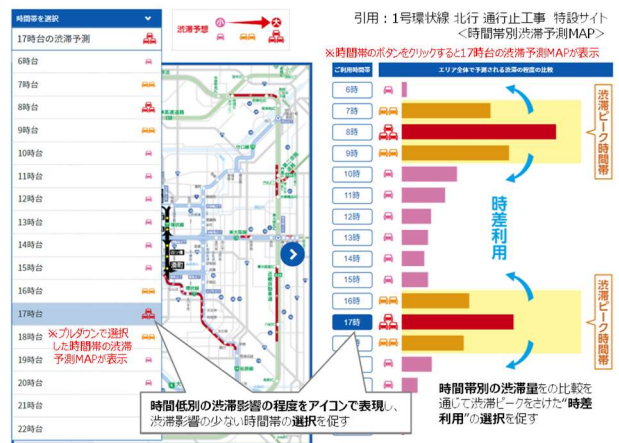


図-9 比較の可視化による時間変更の訴求

NTT ドコモは、行動変容技術（ナッジ）の活用による実証実験として、御殿場プレミアム・アウトレットにて、実証実験用アプリを現地募集した参加者にインストールしてもらい、東名高速道路の渋滞予測情報とナッジメッセージ、立ち寄り施設情報を配信することを通じて行動変容を促し、その効果を報告している¹⁵⁾。なお、メッセージについては、個人の理解に基づき内容やタイミングを出し分けるパーソナライズによって、さらに行動変容効果が高まることが確認されている。

d) ゲームフィケーション

ゲーム要素を社会的に望ましい行動を促進させることに活用（ゲームフィケーション⁴⁾）する考え方が、昨今注目されている。土木計画分野でも、自動車利用から公共交通利用への転換政策等においては、親和性が高く、ゲームフィケーションを交通行動等を変容させるための介入技術として位置づけ、アクティブな交通手段（徒歩、自転車など）や公共交通の利用促進に活用する事例も増えてきているなど、サービスの利用動機として機能することに加え、行動変容を後押しし、サービスの継続利用へとつなぎとめる仕掛けとしても期待されている。

(3) 移動支援サービスの利用を通じた行動変容施策

移動支援サービスは、最短経路探索であり、結果的に渋滞を避ける案内をすることになるため、一部の人しか利用していないという前提では、利用そのものが道路利用の平準化につながることから、同サービスとの連携は、利用自体が増えることで有効な行動変容施策となり得る。

a) 経路検索サービス

目的地までの経路や出発時刻が不安な場合に、経路検索サービスを利用する人は多く、その場合、提供情報に従う可能性が高い。なお、経路情報の提供にあたっては、電車や他の時間帯の利用の優位性を示すことで、当初の想定よりさらに望ましい行動変容に導ける可能性もあり、ナッジ以上の行動変容促進ツールとして機能することも期待される。ただし、経路検索サービス単独では、行動変容実行が追跡できないため、インセンティブ付与などで行動変容の特定が必要な場合には、カーナビとの連携やGPSによる追跡といった仕組みの導入が必要となる。

b) カーナビ

目的地までの経路や到達時刻を知りたい際にカーナビを利用する人は多い。なお、道に不案内なカーナビ利用ユーザは、盲目的に案内に従う可能性が高いものの、カーナビはユーザ単位での最短経路探索が基本であるため、道路交通全体（個別のユーザ以外）に配慮した行動変容（う回等）に導きたい場合には、そのような経路選択をさせるための工夫が必要な場合もある。

Yahoo!カーナビは、東京オリンピック 2020 において、検索結果がオリンピック関係者輸送ルートと被る場合に、

ユーザ了解のもと、同ルートを避けたルートを案内するサービスを提供しており、これにより、同ルートの混雑緩和に貢献している¹⁶⁾。

ただし、カーナビは、出発直前に利用する場合が大半であるため、出発時刻や交通手段の変更などの行動変容に導くことには向いていない。ただし、利用中はGPSで経路を追跡しているため、う回等の経路変更を特定することは得意であるなど、連携の際には、その特性を鑑みたくうえで適用を検討することが望ましいだろう。

(4) ダイナミックな事前評価で導出する行動変容施策

以前は、個人にアプローチできるツールやデバイスが限られていたため、行動変容施策の課題は主としてアプローチ面が多かったが、スマートフォンの普及で、移動条件の登録やレコメンドが可能なアプリをインストールさせれば、任意の内容やタイミングで PUSH 配信することが可能になった。また、MaaS 関連のサービス等の登場により、移動の選択肢（経路・時間帯・交通手段）が多様化した。一方で比較検討はしやすくもなり、提供内容についても個人の特性で使い分けるパーソナライズされた訴求が今後ますます浸透していくと予想される。

この結果、行動変容の内容やタイミングの組合せは膨大なものとなり、どの組合せが最も望ましいかが、容易には分かり得ない事態に陥ることも予想された。

そのため、将来的には、3章で述べたデジタルツイン技術を駆使し、センシングにより取得したデータから、シミュレーションを通じて人の流れや交通状況をリアルタイムの変動も踏まえて推定・予測し、個人と交通全体の双方にとって望ましい、バランスの取れた最適な移動方法（経路・時間帯・交通手段）の組合せが、高速処理での事前評価を通じて提案される、デジタルツインシステムを必要とする時代が訪れると予想している（図-6）。

5. 次世代の交通需要マネジメントのあり方とその実現に向けた個別の検討テーマの方向性

(1) 次世代の交通需要マネジメントのあり方

前章までに、1章で述べた現状の交通課題の解決に必要な検討の着眼点を念頭に、技術や取り組みのトレンドを俯瞰してきた。それらを踏まえ、本稿では、次世代の交通需要マネジメントについては、以下のような方向性を目指していくことが望ましいと考えている。

次世代の交通需要マネジメントは、ユーザのニーズや MaaS の概念に対応できる多様な連携に基づく総合サービスをベースに、移動に対する多様なニーズに応えつつ、（影響範囲の他道路も含む）道路交通全体の高効率化の両立を目的に、変動を考慮した事前評価により効果最大

となるパターンを選定し、パーソナライズされ、実効性を高める仕掛けも導入されたレコメンドを、大量かつ個別に行い大規模な行動変容へと導くことで交通影響の改善を図り、同時に環境負荷の軽減や地域経済の活性化など、地域社会への貢献も図ることが目指す方向性と思われる。

なお、道路交通全体の高効率化を図るためには、まず、交通容量の大きい都市高速道路の整流化を実現させることが合理的であり、それによって道路交通全体の効率化が図られ、さらに圏域の移動全体（公共交通含む）の総旅行時間の縮減にも寄与することになるなど、都市高速道路の整流化が都市圏の移動全体を効率化する鍵になる。

次項以降、次世代の交通需要マネジメントの実現に向けた個別の検討テーマについて、その方向性を提案する。

(2) 変動を踏まえたデジタルツイン技術の実装

今後、手法の多様化が予想される交通需要マネジメントにおいても、社会的な説明責任が求められる可能性のある交通システムマネジメントにおいても、デジタルツインを活用した事前評価に基づき、最適な事前施策を導出・実行することが求められ、そしてこれらを併用する時代になっていくと予想される。しかも、行動変容への負担を感じにくい仕掛けや、交通影響改善も同時に図る社会的観点も外すことはできない。さらに、日々の変動を踏まえた予測や最適策の導出、実績比較を通じたパラメータ調整など、変動への対応が重要で、このようなデータ駆動型の交通マネジメントの社会実装が今後の検討課題になっていくと思われる（図-10）。同様に、デジタルツインの心臓であるシミュレーションのインプットにあたる交通需要も、変動を踏まえるべきであり、交通需要推定、交通状況予測、事前施策導出の各プロセスで、変動を踏まえることがデジタルツイン検討における課題と言えよう。さらに、事前施策の実施には、その社会的理解を得ることが重要となるが、その社会的価値の発信が理解を得るプロセスにもなることを認識しておきたい。

なお、行動変容施策としてシステム化していくには、対象（交通影響・OD・適用施策）選定や行動変容率の設定、実施判断基準の設定や行動変容の特定・評価などの各ステップをアルゴリズム化していく必要がある。

一方、デジタルツインによって移動は数値化されて、様々な指標による評価を可能にすることから、例えば、これらの公開を通じて新たにサービスやマネジメントに活かす術を見出していくことなども、デジタルツインの活用の幅を広げる観点で有意義な試みとなるだろう。

(3) 個に着目した動機活性化手法の導入

a) パーソナライズされたレコメンド（内発的動機付け）

今後、多様な個人のニーズに対応し、行動変容の実効性を向上させるためには、個人を理解し、個人の現在状況に応じてパーソナライズされたレコメンドが、主流になると予想される。なお、この実現には、サービスへの登録と個人を理解する技術が前提になるとともに、ナッジやゲーミフィケーション等の内発的動機付け技術の活用で提供内容の質の向上を図る動機活性化手法（仕掛け）と組み合わせることも重要であり、同手法の活用拡大を見据え、知見の習得に努める時期に来ていると思われる。

b) アクティビティへのアプローチ（外発的動機付け）

行動変容の訴求には、広域う回や一時退出といった移動自体に訴求するものと、立ち寄り等の移動目的に訴求するものがある。しかしながら、移動はあくまでその後の目的行動に従属するものであるため、自発的な行動変容を促すためには、移動目的となる移動後の行動（アクティビティ）へのアプローチが合理的な場合も少なくない。そのため、今後は、移動サービスという MaaS の概念を拡張し、移動目的の把握や、行動変容動機の活性化（外発的動機付け）に資するクーポン発行等、移動後の消費サービスとの連携を想定したインセンティブ設計やサービス内容も検討に加えていくことが望ましいだろう。

(4) 様々な相乗効果を生み出すエコシステムの構築

交通影響の改善が可能な交通需要マネジメントとして機能するには、多様な移動ニーズに応え、タッチポイントを確保して多くのユーザに働きかけ、行動変容への実効サポートも充実させることが求められると想像するが、その実現はもはや単独では成し遂げられず、有用なコンテンツを有するサービスとの有機的な連携が前提となることは避けられないだろう。また、その連携においても、

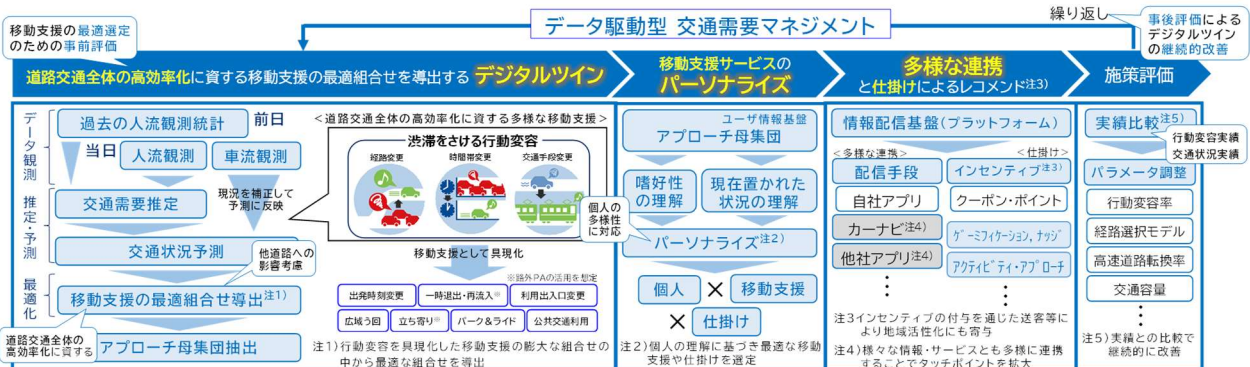


図-10 データ駆動型の交通需要マネジメント（イメージ）

API 連携等によりシームレスなサービスを実現するだけでなく、目的・対象等が異なる多様なサービス群が煩雑とならないように全体の調和を図り、相乗効果が発揮されるようなスキームを構築することがより重要であり、それにはサービスが多様多様であっても煩雑さを感じずに使えるシンプルなユーザインターフェイスを見出すことが鍵となるだろう。また、事業性の観点でも win-win であることは重要であり、特に、交通に影響を与えるほど多くのユーザの移動行動を把握し、管理外の道路や公共交通の利用における行動や与える影響等にも配慮した施策を展開するには、大規模会員基盤やデジタルツインの活用など、これまで以上に運営コストが掛かることが容易に想像され、これらを賄うためには、多様な連携を軸とした新たな交通政策モデルの創出が必要になることを想定している。そのため、デジタルツインと情報基盤 (MaaS プラットフォーム) を中心に、有機的な連携を機能させるためのエコシステムをどのようなコンセプトで構築し、新たな事業モデルが生み出せるような発展へとつなげていけるかが、次世代の交通需要マネジメントの社会実装において極めて重要なポイントになっていくと考えている。

6. まとめ

本稿は、様々なデジタル技術の高度化や MaaS という概念の登場、人を動かす技術・手法の実例が増える中、今が新たな交通需要マネジメントの検討を始める絶好の機会と捉え、現状の課題を整理したうえで現状課題の解決に必要な着眼点として、“変動を踏まえたデジタルツイン技術の実装”、“個に着目した動機活性化手法の導入”、“様々な相乗効果を生み出すエコシステムの構築”に着目し、デジタルツイン関連技術や昨今の行動変容施策の傾向等を整理して、次世代の交通需要マネジメントのあり方について考察するとともに、その実現に向けた個別の検討テーマについて、その方向性を提案した。

今後は、交通システムマネジメントとの併用も視野に入れつつ、大阪・関西万博 2025 を見据え、将来の道標となるような交通需要マネジメントの社会実装を目指して、引き続き、検討を重ねていきたい。

REFERENCES

- 1) 公益社団法人 2025 年日本国際博覧会協会, <https://www.expo2025.or.jp/>.
- 2) 阪神高速道路株式会社, 報道発表資料, 『14 号松原線喜連瓜破付近の橋梁架替え工事に伴い, 2022 年 6 月 1 日 (水) 午前 4 時から 2025 年 3 月末 (予定) までの約 3 年間, 喜連瓜破～三宅 JCT 間で終日通行止めを実施』, 2022.4.
- 3) 公益社団法人 2025 年日本国際博覧会協会, 報道発表資料, 『大阪・関西万博来場者輸送具体方針 (アクションプラン) 初版』, 2022.10.
- 4) 倉内文孝, 東善朗: ゲーミフィケーションの土木計画への適用可能性に関する文献調査, 第 66 回土木計画学研究発表会・秋大会, , 2022.
- 5) 株式会社 NTT ドコモ, モバイル空間統計, <https://mobaku.jp/>.
- 6) 今井龍一ら: 携帯電話網の運用データを用いた人口流動統計から算出した自動車 OD 量と道路交通センサスとの比較分析, 第 53 回土木計画学研究発表会・春大会, 2016.
- 7) 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_607-I_613, 2019.
- 8) 大藤武彦ら: 交通管制システムにおけるオンライン・リアルタイム交通流シミュレーションの活用, 第 33 回土木計画学研究発表会・春大会, 2006.
- 9) 納谷太ら: 時空間多次元集合データ解析技術による集団最適誘導, NTT 技術ジャーナル, 2017.
- 10) 阪神高速技研株式会社, 阪神高速はしれ GO!, <https://www.8405.jp/portal/map.php>.
- 11) 東日本旅客鉄道株式会社, 株式会社 NTT ドコモ, 日本電信電話株式会社, 報道発表資料, 『鉄道の混雑解消に向け, 行動変容を促す共同実験を実施』, 2022.1.
- 12) 兒玉崇ら: 大規模道路交通規制工事における移動計画支援サービスを活用した新たな交通影響対策, 阪神高速グループ技報第 30 号, 2022.
- 13) Miles Japan 株式会社, <https://www.getmiles.com/jp>.
- 14) 阪神高速道路株式会社, 時間帯別渋滞予測 MAP, <https://www.hanshin-exp.co.jp/renewal/loop-n2021/congestion/>
- 15) 株式会社 NTT ドコモ, 国立大学法人一橋大学, 学校法人立命館, 三菱地所・サイモン株式会社, 中日本高速道路株式会社, 一般社団法人御殿場市観光協会, 報道発表資料, 『行動変容で「CO₂ の削減」をめざす実証実験を御殿場プレミアム・アウトレット付近で開始』, 2021.11.
- 16) ヤフー株式会社, 報道発表資料, 『Yahoo!カーナビ, 東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会における 関係者輸送ルートや進入禁止エリアなどを回避できる機能を 7 月中旬に提供開始』, 2021.7.

A CONSIDERATION ON NEXT-GENERATION TRANSPORTATION DEMAND MANAGEMENT

Takashi KODAMA, Higatani AKITO, Yasuyuki IWASATO, Ryo NAKATA and Satoshi YOSHIMURA