

道路ネットワークの効果的な運用に向けた ITS技術の活用方策

福山祥代・松田奈緒子・吉村仁志・牧野浩志

1. はじめに

三環状の概成によって、首都圏の高速道路はネットワークを活用する時代に移行する。国土幹線道路部会の中間答申（平成27年7月30日）¹⁾では、渋滞や事故等の社会的損失に財政的・空間的制約下で対応するために、運用改善等により道路ネットワーク全体としての機能を最大限に発揮させる「賢く使う取組」の推進が必要であることが指摘されている。このうち円滑な走行を実現するための具体的な方策として、①集中的な対策によるボトルネックの解消と、②ETC2.0を活用した本格的な交通需要マネジメントが挙げられている。

ETC2.0は、従来のETCによる料金徴収機能と、ITSスポットによるプローブデータ収集・情報提供機能を統合し、道路マネジメントの新たなプラットフォームとなることを目指して構築された²⁾。ただし、ETC2.0の機能を活用して効果的な道路ネットワーク運用を実現するには、まだ取り組むべき課題が多く存在している。変化する道路状況に対して運用施策の実効性を高める上では、(1)道路交通状況を常時モニタリングして問題の発生を把握・予測し、(2)有効な施策内容を迅速に決定して実施する必要があるが、(1)及び(2)の実務的手法は確立されていない。

このため、国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）では、ETC2.0を活用した交通状況モニタリング手法及び道路ネットワーク運用の実施手法に関する研究開発を行っている。本稿では、ITS技術を活用した道路運用施策に関して、国内外の既往研究等に見られる事例を整理した上で、現在先行して取り組んでいる交通状況モニタリング手法についてこれまでの研究成果を報告するとともに、今後検討が必要な課題について考察する。

2. 道路ネットワークの運用施策例

道路ネットワークの機能を最大化する運用方策として、交通需要マネジメントと、集中的な対策によるボトルネックの解消が挙げられる。前者は所要時間や料金、流入制限等により利用者の経路選択の変更を促し、需要の分散を図る方策、後者はボトルネック部の容量を確保するための局所的な対策を講じ、交通流の円滑化を図るものである（図-1）。これらを実現するための施策例の概要を以下に紹介する。

2.1 経路・渋滞等情報提供

需要分散のための渋滞・所要時間情報の提供は現在も行われているが、効果を上げるには、経路選択行動及び交通状況の予測精度の向上と、経路誘導に関する情報提供方法の工夫が必要である。交通状況の予測に関しては、車両感知器設置密度の高い区間でのリアルタイム予測シミュレーションの開発³⁾等がなされているが、より広範な区間に適用可能な予測手法の実用化に向けて、ETC2.0プローブデータ併用手法等の検討が求められる。また、個車経路が把握できるプローブデータは経路選択行動の検討に適しており、データの蓄積に伴い実用レベルでの更なる活用が期待される。情報提供については、わかりやすい提示方法や伝達手段に加えて、経路誘導戦

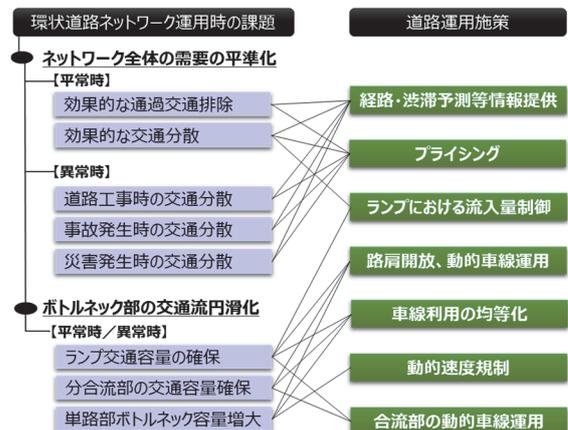


図-1 道路ネットワーク運用の課題と施策例

略の工夫も必要となる。

2.2 プライシング

特定エリア内の通過交通量の抑制やボトルネック区間の交通集中防止等を目的として、迂回を促進する料金設定を行い、需要の時間・空間的分散を図る施策である。需要変動料金を導入する場合、経路選択行動はより複雑になるため、利用者の感度の把握が重要となる。また、情報の複雑化により利用者の理解・判断が困難にならないよう、より個人に特化した情報提供手法が必要となる。

2.3 ランプメータリング

信号等によって路線やエリアへの流入を制御することで、対象範囲の交通容量の超過を抑制する手法である。海外での研究事例も多く、国内では高速道路の環状線を対象にしたエリア流入抑制効果の研究⁴⁾等が行われている。ネットワークレベルで連携した制御や、入口での待ち行列が一般道に及ぼす影響の考慮が課題である。

2.4 路肩開放、動的車線運用

渋滞時等に、一時的な路肩の車線利用や付加車線の設置等によって、区間の交通容量を増加させる手法である。国内では付加車線設置箇所の利用状況や適切な形状に関する研究がなされている⁵⁾。動的制御を行う場合の具体的手法に関する知見は得られておらず、今後の研究が必要である。

2.5 車線利用率の均等化

推奨車線等の情報提供により車線利用を均等化し、容量の改善を図ろうとするものである。高速道路サグ部では、追越車線への利用の偏りが渋滞発生の一要因とされ、ETC2.0等により運転者に走行車線への移行を促す情報を提供し、偏りの是正を図る方策が試行されている⁶⁾。対策箇所ごとの最適な情報提示手法・位置等や、道路線形等の車線利用への影響要因を把握するとともに、サグ部で同時に重要となる車間適正化と渋滞先頭位置通過後の速度回復の方策も組み合わせて、適切な運用方法を整理することが必要である。

2.6 動的速度規制

交通量増加や速度低下の発生時に速度規制を行い、速度の均等化及び交通流の整流化を図る手法である。海外では可変速度規制の導入事例で効果が確認されているが⁷⁾、国内での研究事例は少なく、効果を得られる適用区間や手法等の検討が必要である。また、

適切な情報提供の手段やタイミングについても検証を要する。

2.7 可変チャネリゼーション

交通需要の変動に応じて合流部での利用可能車線を変更する手法である。合流部で多発する事故の削減や交通容量低下の緩和を目的とする。利用車線数変更のケーススタディ⁸⁾等により、効果の可能性が示されている。運用を動的に変化させた場合の交通への影響の評価手法や、切り替えの方法・タイミングなどの実施手法に関する知見は少ない。合流時の詳細な交通特性、車両挙動、運転者の受容性等を把握し、具体的な手法を検討することが必要である。

3. ETC2.0による交通状況モニタリング手法

3.1 課題

2.で整理したような道路運用施策を効果的に実施するためには、交通状況を日常的にモニタリングし、渋滞等の問題の発生を迅速に把握することが必要となる。問題に対する要因の把握や対策の選定を速やかに行う上で、時間的・空間的に詳細な状況の把握が求められるが、車両感知器の設置密度が低い区間では渋滞状況や所要時間の把握自体が困難であり、これらを推計することが必要となる。また、渋滞要因の把握や、料金等による需要分散施策の実施内容の決定には、交通量の情報も必要である。特に後者の場合は、別経路に誘導可能な交通量を把握するために、OD・経路別の交通量の推計が必要となる。

一方、ETC2.0プローブデータをはじめとして、通信・観測技術の進展に伴い多様な交通関連データが利用可能となっている。車両感知器データとETC2.0プローブデータは、ともに高速道路の交通状況を常時把握できる重要な観測データであるが、前者は交通量が把握できる一方で機器設置断面で

表-1 車両感知器データとETC2.0データの比較

	車両感知器データ	ETC2.0プローブデータ
データ内容	交通量、速度、占有率	時刻、位置、車種等
データ単位	区間集計値	個車
時間分解能	5分	(下段に示す地点で随時計測)
空間分解能 (計測間隔)	首都高:300~500m NEXCO: 1~2km	約200m毎 (45度以上の進行方向変更時も情報記録)

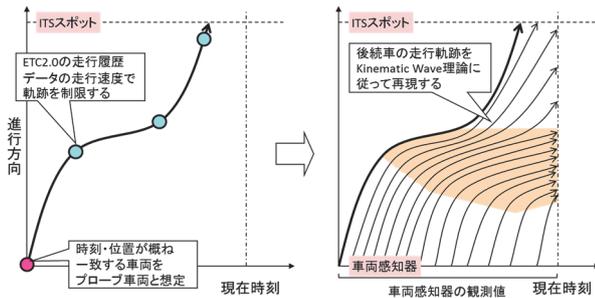


図-2 ETC2.0データと車両感知器データの融合手法

のデータであり、後者は個車の軌跡が把握できるが全車両に対応車載器が設置されない限り交通量の把握が難しい(表-1)。両者を融合的に用いて時空間分解能の高い交通状況が推計できることが示されている⁹⁾が、道路ネットワークに適用できる実用的な手法は開発されていない。

3.2 研究概要

以上の課題を踏まえて、国総研では、車両感知器の交通量データとETC2.0プローブの走行速度データを融合的に用いた道路ネットワークの交通状態モニタリング手法の構築を目指すこととした。データ融合の考え方を図-2に示す。車両感知器位置での交通量(図-2右図の横軸を5分間のうちに横切る台数)とプローブ車両の走行軌跡(図-2の太線)が観測値と整合するような交通状況(流率、速度、密度)を、Kinematic Wave理論に基づく交通シミュレーションにより推計するものである。

平成27年度は、まずETC2.0プローブの速度データを活用する手法を検討することとし、首都圏高速道路ネットワークを対象とした交通状態モニタリングシステムのプロトタイプを構築した。既存の商用交通シミュレータを活用し、共通基盤としての汎用性を確保するために、整備する機能が一般的な商用交通シミュレータでも実現可能なことを確認した。プロトタイプでは、ETC2.0プローブ車両の走行軌跡をシミュレーションに取り込むために、シミュレーション上を走行する車両においてプローブ該当車両を指定し、ETC2.0プローブの走行軌跡に合致するよう経路・速度を制御する機能を実装した。また、計算結果をもとに旅行時間等の指標を出力する機能をもたせた。

3.3 これまでの成果

構築したプロトタイプにより得られたリンク旅行速度(図-3下図)を、ETC2.0データから作成した検証用のリンク旅行速度(図-3上図)と比較し、

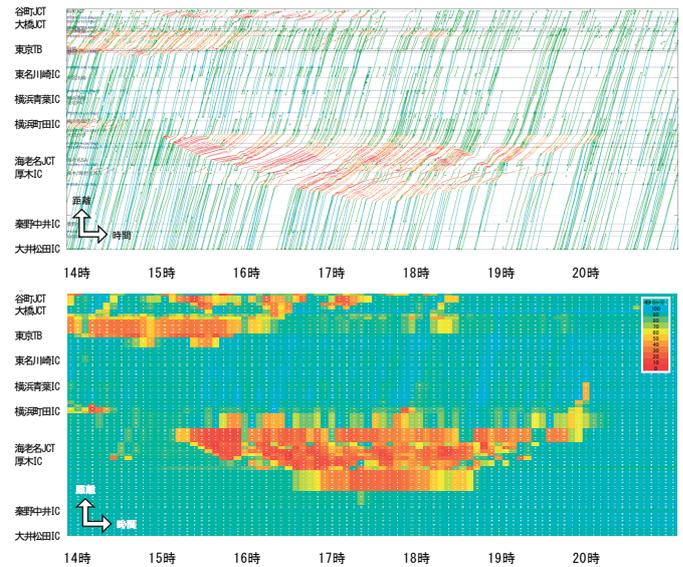


図-3 時空間速度図の比較(上:ETC2.0プローブ走行履歴情報、下:プロトタイプの計算結果)
※赤は速度低下(渋滞)箇所を示す

渋滞状況の再現性を検証した結果、顕著な渋滞区間(図-3中、赤で示す部分)は概ね再現されていることが確認できた。また、OD交通量を固定した条件下で各日のETC2.0プローブデータを入力して計算した結果、日々の渋滞状況の変化を再現できることが確認された。ただし、交通量や密度等の量的な指標の再現性は低く、車両感知器による交通量の導入等により改善する必要がある。

4. 今後の検討課題

以上、本稿では、ITSを活用した道路運用施策例の概要と、国総研で研究開発を進めている交通状況モニタリング手法の現時点での成果について報告した。例示した運用施策に関しては、適用場面や効果、有効な組合せ等について検討を進め、効果の見込まれる導入方策を整理していくことが必要である。本稿の締めくくりとして、各運用施策に共通する課題を取り上げ、今後の検討事項について考察する。

4.1 交通状況のモニタリング

3.で紹介した交通状況モニタリング手法は現況の推計までを行うものだが、より効果的に施策を講じるには、近い将来の状況や施策更新の影響を予測・評価する手法が必要となる。予測シミュレーションの開発にあたっては、今後のETC2.0車載器の普及や感知器設備の維持・更新の負担軽減を考慮すると、ETC2.0プローブデータの活用が合理的であり、精度の向上も期待できる。さらに、常時観測を活かし、

データにシミュレーションを同化させる手法等を導入することで、より高精度な状態推定・予測の実現が期待される。

4.2 情報提供

本稿で挙げた各運用施策では、利用者への情報提供が重要な役割を担う。複雑な動的情報の提供には、提供側が意図する形で利用者が認知・理解でき、かつ情報が運転の安全性を阻害しないことが求められる。特に以下の3点が課題となる。

(1)適切な情報提供手段の検討

標識等による車外からの情報提供と、カーナビゲーションの画面・音声等による車内での提供があり、情報の特性に応じた手段の使い分けや組み合わせの際の影響を、運転者の認知特性を踏まえて総合的に検証する必要がある。

(2)運転者の特性に応じた情報提供方法の検討

運転時の認知や判断・記憶の許容量は、個人の特性や運転時の状況による違いが大きいが、状況等に応じた選択的な情報提供を行うことが技術的に可能となってきている。このような技術を活用するための実証実験等が今後必要である。

(3)運転支援技術の活用

路車間・車車間通信を活用した「協調ITS」により、車両が必要とする情報を道路側から車に提供することで安全運転を支援する技術が実現する可能性がある。これにより、運転者に提供すべき情報量を減らし、運転者の情報取得に関する負荷を削減していくことも合わせて検討が必要である。

4.3 管理者間の協調

複数の道路管理者が関係する広域ネットワークの運用では、管理者間の情報共有や協調の方法も大きな課題となる。現在、交通管制システム間で情報が一部交換されているが、動的運用施策実施時には、ICTを活用した情報プラットフォーム等により、道

路管理者間を跨ぐ情報の統合と共有が求められる。また、複数の道路管理者に影響が及ぶ運用施策に関しては、実施判断に関する合意形成や協調方法が課題となり、これらを円滑に進めるための技術開発と仕組みの構築が必要である。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会 道路分科会 国土幹線道路部会：中間答申 高速道路を中心とした「道路を賢く使う取組」、
<http://www.milit.go.jp/>, 2015.7.30
- 2) 国土交通省道路局：ETC2.0 紹介ページ、
<http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/etc2/>
- 3) 田村勇二、割田博、小山周一、白石智良、桑原雅夫：首都高速道路におけるオンライン予測シミュレーションの精度向上に関する一考察、第49回土木計画学研究発表会、CD-ROM、2014
- 4) 遠藤皓亮、吉井稔雄、藤井聡：環状ネットワークにおける集計 QK を用いた流入制御の適応性、第30回交通工学研究発表会論文集、pp.17~21、2010
- 5) 白木文康、中村英樹、浅野美帆：高速道路の付加車線区間における交通実態に関する研究、第30回交通工学研究発表会論文集、pp.25~28、2010
- 6) 鈴木一史、山田康右、船岡直樹、岩武宏一、牧野浩志：ACC を活用した高速道路サグ部渋滞対策サービスの実証的評価、第12回 ITS シンポジウム、2014
- 7) Khondaker, B., Kattan, L.: Variable speed limit: A microscopic analysis in a connected vehicle environment, Transportation Research Part C, Vol. 58, pp. 146-159, 2015
- 8) Maurice, A., Seidowsky, R., Cohen, S.: Safety impact of using the hard shoulder during congested traffic. The case study of a management lane operation on a French urban motorway, Transportation Research Part C, Vol. 28, pp.168-180, 2013
- 9) Mehran, B., Kuwahara, M., Naznin, F.: Implementing Kinematic Wave Theory to reconstruct vehicle trajectories from fixed and probe sensor data, Procedia Social and Behavioral Science, Vol. 17, pp. 247-268, 2011

福山祥代



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部高度道路交通システム研究室 研究官、現 東京大学大学院工学系研究科
Sachiyo FUKUYAMA

松田奈緒子



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部高度道路交通システム研究室 主任研究官
Naoko MATSUDA

吉村仁志



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部高度道路交通システム研究室 交流研究員
Hitoshi YOSHIMURA

牧野浩志



国土交通省国土技術政策総合研究所道路交通研究部高度道路交通システム研究室長
Hiroshi MAKINO