

ETC2.0プローブ情報を活用した 環状高速道路の交通状態把握手法に関する研究

松田 奈緒子¹・牧野 浩志²・吉村 仁志³・山田 康右⁴，堀口 良太⁵

¹正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地) E-mail: matsuda-n8310@nilim.go.jp

²正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地) E-mail: makino-h87bh@nilim.go.jp

³非会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地) E-mail: yoshimura-h924a@nilim.go.jp

⁴正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社
(〒101-8462 東京都千代田区神田錦町3丁目22番地) E-mail: kousuke.yamada@ss.pacific.co.jp

⁵正会員 株式会社アイ・トランスポート・ラボ
(〒101-0052 東京都千代田区神田小川町3丁目10番地) E-mail: rhoriguchi@i-transportlab.jp

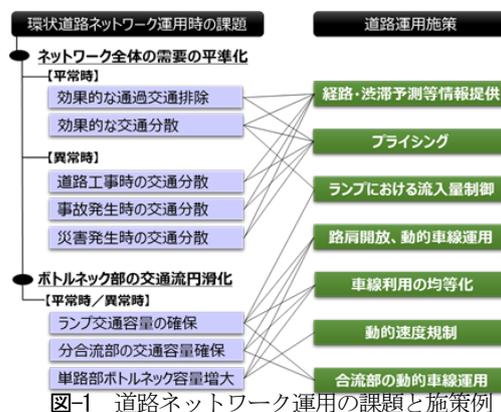
三環状の概成によって，首都圏の高速道路はネットワークを活用する時代に移行する。「賢く使う取組」のうち，円滑な走行を実現するために道路ネットワークの機能を最大化する運用施策として，交通需要マネジメントと，集中的な対策によるボトルネックの解消が挙げられる．運用施策を効果的に実施するためには，交通状態を日常的にモニタリングし，渋滞等の問題の発生を迅速に把握することが必要となる．一方，ETC2.0プローブデータ，車両感知器データをはじめとして，通信・観測技術の進展に伴い多様な交通関連データが利用可能となっている．国土技術政策総合研究所では，ETC2.0プローブデータ，車両感知器データとシミュレーション技術を融合させ，リアルタイムに環状高速道路の交通状況を把握する補完技術（交通状態把握手法）に関する研究開発を行っている．本稿では，首都圏三環状をモデルとした環状高速道路の交通状態把握手法に関するこれまでの研究成果を報告する．

Key Words : road network operation, travel demand management, traffic simulation, ETC2.0

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の推進が必要であることが指摘されている．

「賢く使う取組」のうち，円滑な走行を実現するために道路ネットワークの機能を最大化する運用施策として，交通需要マネジメントと，局所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)²⁾。

そのような運用施策を効果的に実施するためには、交通状態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。また、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・空間的に詳細な把握が求められる。しかしながら、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る。

一方、ETC2.0 プローブデータ³⁾、車両感知器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態把握に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のデータであり、後者は個車の軌跡が把握できるが交通量の把握が難しい(表-1)。また、ETC2.0 プローブデータは、データ数が多くないことや情報取得の遅れ等の制約がある。

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 (走行履歴情報)
データ内容	交通量、速度、占有率	時刻、位置、車種、 速度・高度(オプション)
データ単位	区間集計値	個車
時間分解能	5分	-
空間分解能	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)

そこで、国土技術政策総合研究所(以下、国総研)では、ETC2.0 プローブデータ、車両感知器データとシミュレーション技術を融合させ、リアルタイムに環状高速道路の交通状況を把握する補完技術(交通状態把握手法)に関する研究開発を行っている。本稿では、首都圏三環状をモデルとした環状高速道路の交通状態把握手法に関するこれまでの研究成果を報告する。

2. 既往研究

プローブデータを用いて交通状態を推計している事例は、柏 SCOPE⁴⁾がある。これは、1km メッシュ毎の集計交通状態を再現するよう、OD 表とボトルネック容量を逐次修正するナウキャストシミュレーション手法に基づいている。しかし、車両感知器データは利用されておらず、路線毎に交通量を調整するものではない。

ETC2.0 プローブデータと車両感知器データを融合的に用いて時空間分解能の高い交通状態を推計する手法としては、VT 予測手法⁵⁾を用いて、時空間分解能の高い交通状態の推計ができることが示されている⁶⁾。しかし、

対象が単路部であり、直ちに環状高速道路のネットワークに適用できる手法とはいえない。

本研究は、ETC2.0 プローブデータと車両感知器データを用いて環状高速道路の交通状態を把握するため、VT 予測手法と交通流シミュレーションモデルを組み合わせた交通状態把握手法の開発を目的としている。

3. 交通状態把握手法の概要

(1) 交通状態モニタリング指標の整理

まず、環状高速道路の効率的な運用に必要な交通状態を把握するためのモニタリング指標の整理に当たり、運用施策の例として「経路・渋滞予測等情報提供」を取り上げ、需要分散施策の実施判断に必要な指標を検討した。需要分散のために把握すべき事項として、1) 環状道路の内側ネットワークにおける交通の受入れ余裕、迂回誘導先路線における交通の受入れ可否、2) 着目する渋滞箇所を通行する交通需要のうち、迂回誘導先路線に転換可能な交通需要の有無、3) 経路を転換した場合の利用者のメリットの有無の3点が挙げられる。

その3つの視点で、必要となる指標として選定した結果を図-2に示す。

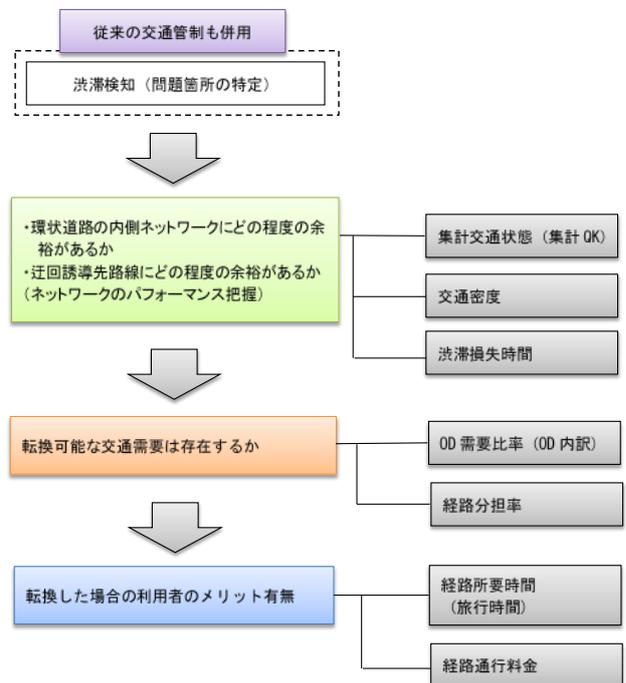


図-2 「経路・渋滞予測等情報提供」の導入判断に必要なモニタリング指標案

1) については表 2 に示す整理を行い、本検討では集計交通状態(以下、集計 QK)⁶⁾、交通密度(以下、密度)、渋滞損失時間を以降の検討に用いることとした。

2) については、対象路線・区間を通行する交通需要が

表-2 モニタリング指標の比較

指標	NW/道路の交通状態判定	NW/道路のスループット把握	交通容量に対する利用状況把握	数分単位集計値での評価
集計QK(MFD)	○	○	○	○
仕事率	×	○	○	○
流入台数	×	×	×	○
交通密度	○	×	○	○
速度	○	×	○	○
旅行時間	○	×	○	○
渋滞損失時間	○	×	○	○
変動損失時間	○	×	○	○
飽和時間数	○	×	○	×
渋滞発生時間	○	×	○	×
渋滞量	○	×	○	△
混雑度	○	○	○	×
総走行台キロ	×	○	×	○
サービス水準	○	×	○	○
計画水準	○	○	○	×

どこの目的地 IC に向かっているかを把握する必要があり、OD 需要比率（特定の交通断面における総交通需要に対する各 OD 交通需要が占める比率）および経路分担率（特定の OD 交通需要に対する各経路を通行する交通需要の占める比率）を選定した。3) については、現在の経路を通行した場合と、転換しようとする経路を通行する場合の所要時間を算出し、転換した利用者がメリットを享受できることを確認すべきであり、旅行時間と経路通行料金を必要な指標とした。

(2) プロトタイプの構築

ETC2.0 プローブデータ、車両感知器データ等の交通関連データをオンラインで収集し、逐次入力してその時点での交通状態をモニタリングする手法として、VT 予測手法と交通流シミュレーションを組合わせた手法を検討した。本手法におけるデータ融合の考え方を図-3 に示す。

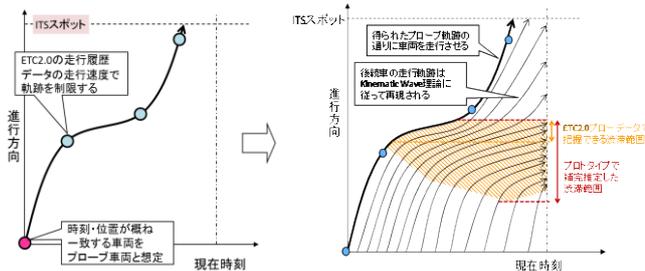


図-3 ETC2.0データと車両感知器データの融合手法

これは、シミュレーションにおいて、ある車両をプローブ走行軌跡に沿って移動させ、その後続車両をシミュレーションモデルを用いて追従するように走行させるものである。つまり、車両感知器位置での交通量（図-3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-3の太線）が観測値と整合するような交通状態（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方法である。図-3の右図に示す（オレンジ色と赤色の部分）ように、この方法により渋滞範囲がより詳細に把握することが可能となる。

平成 27 年度は、プロトタイプとして、まず ETC2.0 プローブデータを活用する手法を検討することとした。プロトタイプでは、ETC2.0 プローブ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 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、既存の商用交通シミュレータとして SOUND[®]を活用した。プロトタイプの計算フローを図-4 に示す。なお、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。また、計算結果をもとに（1）で整理した交通状態モニタリング指標を出力する機能を持たせた。

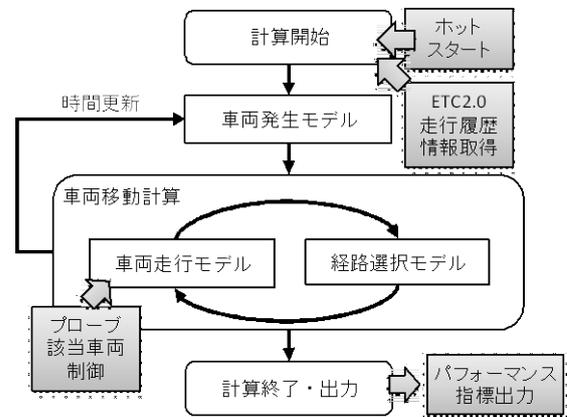


図-4 プロトタイプの計算フロー

(3) 再現性の確認

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んでいるが、車両感知器データは考慮されていない。そのため、交通量の再現性の再現性を担保するための交通需要（OD 表）の調整までは行っておらず、ここでは旅行速度の再現性を確認した。なお、本検討では、交通需要については、平成 24 年 10 月期の ETC データ（平日平均）に基づき作成された ETC-OD 表を用いていることから、計算の入力値として与えた交通需要は、実際の利用台数実績値の概ね 9 割程度と推定される。

2015 年 8 月 1 日午後における東名高速道上り・大井松田 IC から首都高速道路 3 号谷町 JCT までの区間において、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-5 下図）を、ETC2.0 プローブデータから作成したリンク旅行速度（図-5 上図）と比較し、渋滞状況の再現性を検証した。その結果、顕著な渋滞区間（図-5において赤で示す部分）は概ね再現されていることが確認できた。図-6はプロトタイプにより得られた5分毎リンク

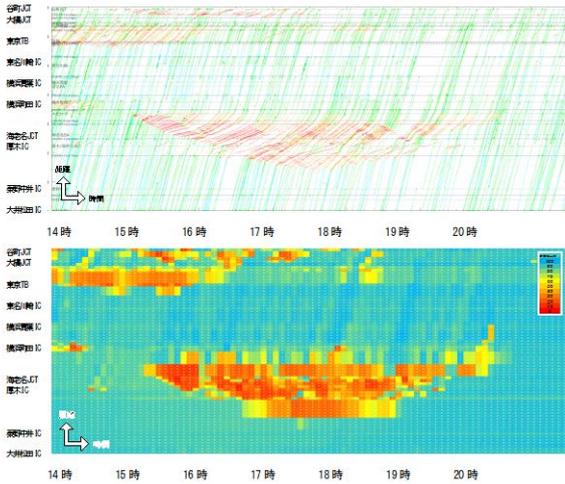


図-5 時空間速度図の比較 (上: ETC2.0プローブ走行履歴情報、下: プロトタイプの計算結果)

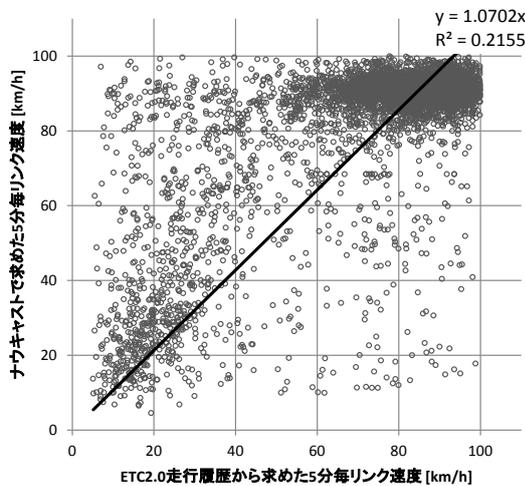


図-6 5分間リンク速度相関図 (東名上り 2015年8月1日)

旅行速度と ETC2.0 プローブデータから作成した 5 分毎リンク速度を相関図で比較したものである。いずれも 80km/h 以上の自由流状態と 40km/h 未満の渋滞の範囲にプロットが固まっており、顕著な渋滞区間はおよそ再現されていることが示された。

一方で、ETC2.0 プローブデータでは 40km/h 未満の渋滞になっている場合でも、プロトタイプでは依然として速度が高い状況も認められ、全体ではプロトタイプのほうが速度が高い傾向にある。これは、前述のとおり、現状のプロトタイプでは交通量の調整を行っていないため、ETC 車両のみが考慮された状況で、全体に交通量が過小傾向にあると考えられ、ある 5 分間でプローブ該当車両が低速で走行しても、その前後で車群に加わらなかった

車両が高い速度で通過しているためと考えられる。プロトタイプの結果は、リンクを通過した全車両の平均速度であるため、プローブ該当車両に律速されない車両の影響で速度が高くなったことが一因と考えられる。

5. まとめ

本稿では、プローブデータとシミュレーション技術を融合させ、環状高速道路の交通状況を把握する手法（プロトタイプ）を開発した。プロトタイプにより得られたリンク速度と ETC2.0 プローブデータから作成したリンク速度を比較し、旅行速度については一定の再現性を確認した。しかし、プロトタイプでは交通量の調整を行っていないため、ETC 車両のみが考慮された状況で、全体に交通量が過小傾向にあると考えられ、実際よりも速度が高く算出される傾向にある。また、プロトタイプは交通量や密度等の量的な指標の再現性は低い。これらの課題に対して今後は車両感知器データによる交通量の導入等により改善する必要がある。また、様々な道路運用施策の際に必要な交通状態モニタリング指標についての研究も進め、指標の可視化を図っていく予定である。

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.mlit.go.jp/>, 2015.7.30.
- 2) 福山祥代, 松田奈緒子, 吉村仁志, 牧野浩志：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, 土木技術資料, Vol58, No.7, pp56-59, 2016
- 3) 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/>
- 4) 花房比佐友, 小林正人, 小出勝亮, 堀口良太, 大口敬：市街地道路交通を対象としたナウキャストシミュレーションシステムの構築, 第 11 回 ITS シンポジウム 2012 予稿集, 2-A-10, 2012, CD-ROM
- 5) 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.
- 6) 吉井稔雄, 塩見康博, 孫瀟瀟, 北村隆一：集計 QK を用いたエリア流入制御手法, 第 37 回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM, 2008.
- 7) 広域道路網交通流シミュレーションシステム SOUND Ver. 5, <http://www.i-transportlab.jp/products/sound/index.html>

STUDY OF ROAD NETWORK TRAFFIC MONITORING METHODS USING ETC2.0 PROBE DATA

Naoko MATSUDA, Hiroshi MAKINO, Hitoshi YOSHIMURA, Kosuke YAMADA and Ryota HORIGUCHI