

# ETC2.0プローブ情報と車両感知器情報を活用した 首都圏高速道路ネットワークの交通流動推計手法の開発

後藤 梓・井坪慎二・牧 佑奈・池田裕二

## 1. はじめに

首都圏高速道路ネットワークでは、三環状の整備が進んだことで通過交通や都心流入交通が複数の経路を利用可能となりつつあり、所要時間情報の提供や動的課金等によって交通分散を図ることで渋滞や混雑の緩和が可能になると期待されている。これを実現するためには、高速道路ネットワーク上の各車両がどこからどこへ、どの路線を通過しているかという交通流動を把握し、渋滞区間を通過する車両のうち、いつどこからどこへ向かう車両に対して経路変更を促すべきかといった施策の対象を明らかにすることが重要である。

しかしながら、高速道路ネットワーク上の全車両の動きを観測することは現状では不可能である。車両感知器では全車両の台数や速度が計測できるが、設置地点が限られ、個車の起終点や経路は把握できない。ETC利用車両に関しては料金所等の通行記録（ETCデータ）によって高速道路上の起終点であるインター（IC）がわかるものの、本線上に料金所等がないIC間では経路の把握が不可能である。近年注目されるETC2.0では、車載器に蓄積された連続的な車両の走行位置情報等（ETC2.0プローブ情報）が路車間通信により収集されており個車の起終点や経路が概ね把握可能であるが、対象が車載器搭載車両に限られてしまう。

そのため国土技術政策総合研究所では、これらの観測可能な情報を交通シミュレーションに活用することによって、首都圏高速道路ネットワークにおける全車両の動きを推計する交通流動推計手法の開発を行っている。本稿では、これまでに開発した手法の概要および再現性の検証結果について紹介する。

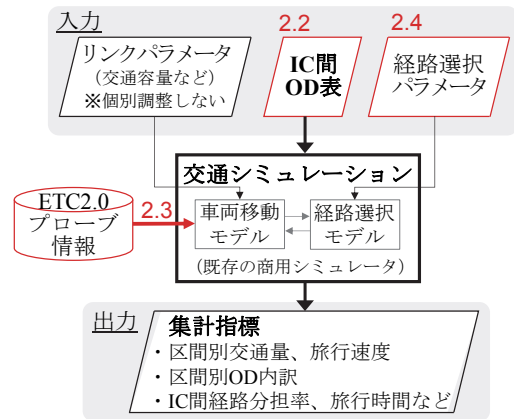


図-1 交通流動推計手法の概略フロー

## 2. 交通流動推計手法の概要

### 2.1 交通シミュレーションの基本的な仕組み

本研究で開発した手法の概略フローを図-1に示す。この手法では、既存の商用シミュレータ（SOUND<sup>1)</sup>）を用いた交通シミュレーションにより交通流動を推計する。このシミュレータでは、時間帯別のインター間起終点交通量表（IC間OD表）に基づいて発着インターが設定された各車両の1秒毎の走行位置が、車両移動モデルと経路選択モデルによって計算される。また、道路ネットワークを、デジタル道路地図<sup>2)</sup>によって結節点等で分けられた道路区間により表現している。

車両移動モデルは、各車両が次の道路区間に進むことができるか、前方車両のどれだけ後方を走行しているかを逐次計算するモデルであり、各道路区間における交通量（ある断面における単位時間あたりの通過台数）と交通密度（ある時点における単位距離あたりの存在台数）の関係が交通流理論に従うように管理されている。このモデルによって、交通量が交通容量（ある断面において実現可能な最大交通量）を超過すると走行速度が低下し渋滞が発生する現象が表現される。

一方、経路選択モデルは、各車両が距離、所要時間、料金を考慮して経路を選択するモデルである。所要時間は各道路区間の走行速度に応じて時々刻々変化するため、各車両の経路選択は15分毎に更新される仕組みとなっている。

Estimating Traffic Conditions on the Tokyo Metropolitan Expressway Network Using ETC2.0 Probe and Vehicle Detector Data

所要時間の短い経路は選択されやすいが、その結果交通量が増えると走行速度が低下し所要時間が長くなる、というように経路選択モデルと車両移動モデルは相互に影響を及ぼし合いながら、時々刻々の車両の走行位置が決定される。これを集計することで各道路区間の交通量や旅行速度といった渋滞や混雑の状況を評価する指標に加えて、道路区間のOD内訳、IC間の旅行時間や経路選択率といった交通流動を把握し、渋滞や混雑を緩和するために経路変更を促すべき対象を特定するための指標が算出可能となる。

このような交通シミュレーションによって推計される交通流動の再現性を確保するためには、交通需要として入力するIC間OD表の設定、車両移動モデルに入力する交通容量や経路選択モデルのパラメータ設定が重要である。このため本研究では以降の通り観測情報を活用することにより精度向上を図っている。

### 2.2 交通需要（IC間OD表）の調整

IC間OD表は、ETC利用車両については前述の通りETCデータから把握可能であり、ETC利用率は約90%に上ることからかなり精度の高い入力値が得られるが、全数ではないことなどにより完全なものではない。

そのため、ETC利用車両のOD表をETC利用率で拡大した初期OD表を交通シミュレーションに入力して交通流動の推計を行い、295の道路区間において区間交通量の観測値とシミュレーションの推計値の誤差が最小となるように、数理モデルを用いてOD交通量を調整している。図-2のように、この作業を収束するまで繰り返すことで、交通流動推計結果である区間交通量の再現性が確保された調整済みOD表を取得している。

### 2.3 ETC2.0プローブ情報によるボトルネック交通容量の代替

車両移動モデルによって渋滞が発生するのは交通量が交通容量を超過する場合であり、他の道路区間に比べて交通容量の低い箇所（ボトルネック）の交通容量を予め入力しておく必要がある。しかし、交通容量を把握するための車両感知器が密に設置されていない区間があることや、季節、天候、日照等の様々な条件によって交通容量が常に一定の値ではないことから、すべてのボトルネックの交通容量を個別に把握し入力するには多大な労力

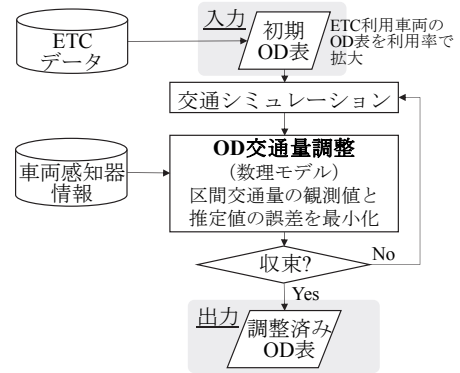


図-2 車両感知器情報を用いたOD表の調整フロー

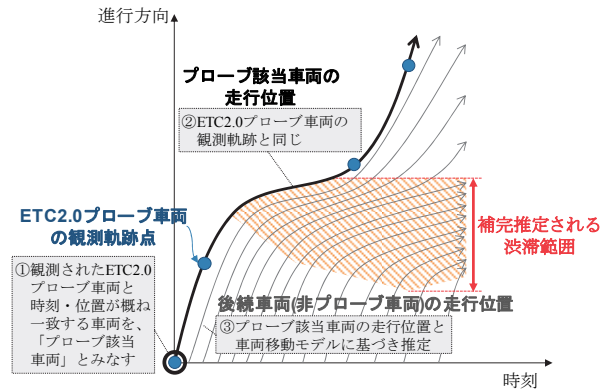


図-3 ETC2.0プローブ情報の融合（イメージ）

を要する。また、事故や故障車、路上落下物等によって一時的に交通容量が低下する事象については、予め入力することができないため、これらによる渋滞を再現することは不可能である。

そこで本研究では、交通流動を推計する対象日にETC2.0プローブ情報が取得された車両（ETC2.0プローブ車両）の実際の走行軌跡をシミュレータに取り込み、この走行軌跡と車両移動モデルに基づいて他の車両を動かす仕組みを実装している。イメージとしては、シミュレーションにおいて、図-3に示すように①まず観測されたETC2.0プローブ車両と走行時刻・位置が概ね一致する車両を「プローブ該当車両」とみなし、②この車両の走行位置をETC2.0プローブ車両の観測軌跡と同じとなるよう決定する。③さらにプローブ該当車両の後続車両（非プローブ車両）の走行位置を、プローブ該当車両の走行位置と車両移動モデルに基づいて推定している。

これにより、ボトルネックの交通容量を調整しなくても、ボトルネックを通過したETC2.0プローブ車両の速度が低いことにより、この車両を先頭として渋滞を表現することができる。

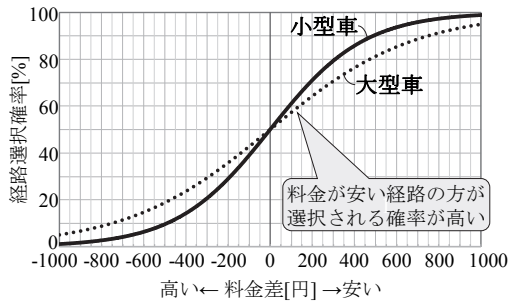


図-4 二経路の料金差と経路選択確率の変化

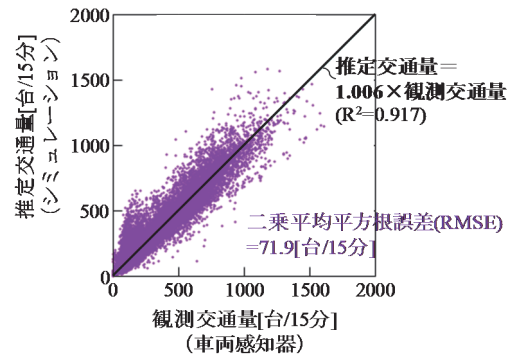


図-5 交通量の比較

## 2.4 経路選択モデルのパラメータの設定

経路選択モデルにおいては、経路の距離、所要時間、料金に応じて各車両がその各経路を選択する確率が変化するように、これらの影響の強さを表すパラメータを設定しておく必要がある。

このため、2015年11月～2016年3月の5ヶ月分のETCデータを用いて、このデータから本線料金所等の通行記録によって経路が把握可能な18通りのジャンクション（JCT）間について、JCT間で選択可能な二経路のうち各ETC利用車両がどちらの経路を選択したかの実績を取得し、各経路の距離、所要時間、料金の情報と紐づけて、パラメータを推定した。

推定されたパラメータを設定した経路選択モデルにより表現される二経路の料金差と経路選択確率の関係を図-4に示す。この図に示されるように、経路の料金差が大きくなるほど、料金が安い方の経路の選択確率が高くなる傾向が表現されている。なお、距離や所要時間についても同様に、これらが短い方の経路ほど選択確率が高くなる傾向となっている。

## 3. 再現性の検証

本手法を用いて、2015年11月9日（月）の交通流動を推計し、区間交通量、旅行速度および経路分担率により再現性を検証した。

### 3.1 交通量の再現性

ネットワーク上の各道路区間のシミュレーションによる推定交通量と車両感知器による観測交通量（15分単位）を比較した結果を図-5に示す。これより、推定交通量がやや過大、過小である場合が存在するものの、推定交通量と観測交通量の関係を表す回帰直線の傾きは1に近い値を示しており、全体としては交通量の分布傾向を概ね再現できているといえる。

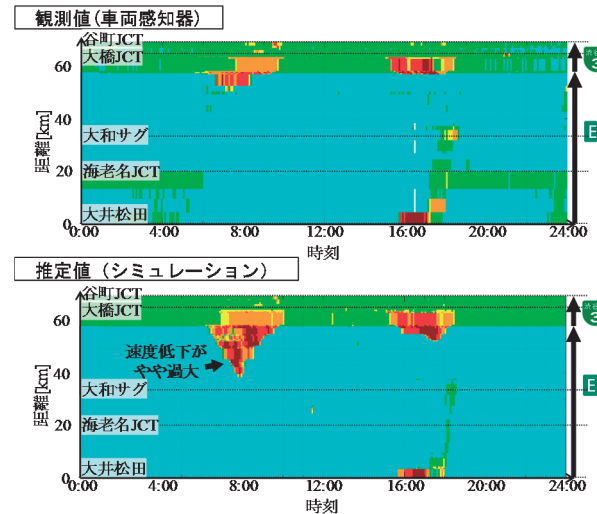


図-6 速度コンター図の比較

### 3.2 旅行速度の再現性

旅行速度の再現性を検証した例として、東名高速道路上り・大井松田IC～首都高3号線谷町JCTを対象とした観測値と推定値の速度コンター図を図-6に示す。速度コンター図とは、各道路区間・時間帯を表すマスを区間平均旅行速度に応じて塗り分けた図であり、図-6では赤っぽい箇所ほど速度が低下し渋滞が発生していることを表している。

これより、観測値において速度低下が発生している箇所では推定値でも同様の傾向が示されており、本手法により渋滞の発生を概ね再現できていることがわかる。ただし、観測値に比べて推定値の方が渋滞時の速度が低く、また上流にまで伝播しており、渋滞がやや過大である傾向がみられる。

旅行速度の再現性について全路線での傾向を把握するため、5分毎の区間平均旅行速度を自由流、混雑流、渋滞流に分類し、観測値と推定値でその分類が一致しているかどうか集計を行った。ここで、混雑流は首都高の路線で40km/h未満、NEXCOの路線で60km/h未満、渋滞流は首都高



の路線で20km/h未満、NEXCOの路線で40km/h未満と定義している。

推定値による分類が観測値による分類と一致する区間・時間帯の割合は96.2%と高かったが、これは自由流の区間・時間帯が大多数を占めているためといえる。そこで、交通流動推計にとって特に重要な「渋滞」を適切に再現できているかを確認するため、推定値において渋滞流に分類されたうち観測値でも渋滞流であった区間・時間帯の割合を算出した結果、32.4%であった。これはつまり残りの約70%については、実際には渋滞ではないのにシミュレーション上では渋滞と判定される速度低下が起こっていることを意味している。

上記の理由のひとつとして、本手法では個々のETC2.0プローブ車両の速度が低いと後続車両の速度も低くなる仕組みとなっているが、現状ではETC2.0プローブ車両がどの車線を走行しているか判別できないため、ETC2.0プローブ車両の走行する特定の車線だけが速度低下している場合でも全車線で速度低下が発生してしまうことが挙げられる。特にJCT分岐手前のような区間では、分岐する方向によって特定の車線に交通が偏ることがあるため、このような状況が発生していた可能性があると考えられる。

### 3.3 経路分担率の再現性

経路分担率の再現性を検証した例として、川口JCTから鶴ヶ島JCT、海老名JCTから久喜白岡JCTの経路分担率の観測値と推定値を図-7に示す。ただし観測値については、ETC利用車両のみから算出しており、全車両による値ではない。経路の偏りの傾向はつかめているが、観測値と推定値には若干の差異がある。経路選択は渋滞発生に大きく左右されるので、3.2節で述べた課題が影響

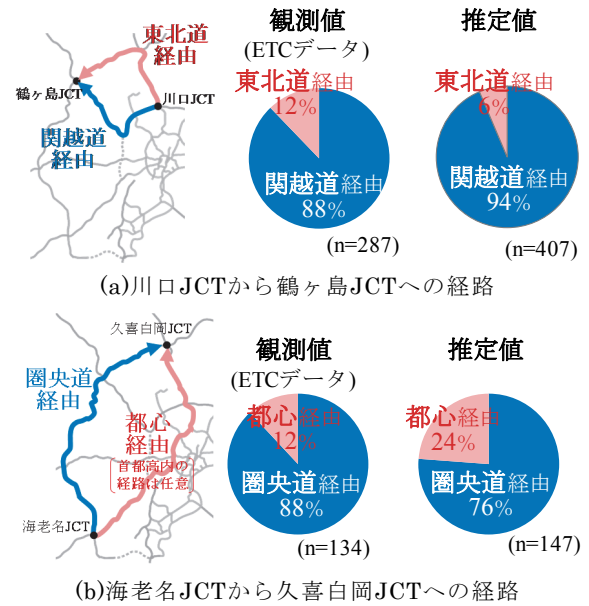


図-7 経路分担率の比較

している可能性が考えられる。

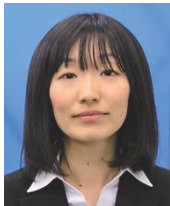
## 4. おわりに

これまでの研究によって、交通量については一定の再現性を持つ交通流動推計手法が開発できているが、渋滞発生の再現性については依然として課題が残っている。今後は、より高い再現性を実現するためのモデル改良を行うとともに、本手法による推計結果を基に、交通が集中する区間の起終点内訳や代替経路への誘導の可能性を把握し、交通分散を図るため適切な情報提供方法や料金施策に関する検討を行うことが必要である。

### 参考文献

- (株) アイ・トランスポート・ラボ：広域道路網交通流シミュレーションSOUND/4U モデル概要、<http://www.i-transportlab.jp/products/sound/index.html>
- (一財) 日本デジタル道路地図協会：道路網の表現方法、<http://www.drm.jp/database/expression.html>

後藤 梓



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 東京大学生産技術研究所助教、博士(工学)  
Dr.Azusa GOTO

井坪慎二



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、博士(工学)  
Dr.Shinji ITSUBO

牧 佑奈



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交流研究員、現 九州建設コンサルタント(株)  
Yuna MAKI

池田裕二



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  
Yuji IKEDA