

# ETC2.0を用いたOD交通量逆推定

國分 恒彰<sup>1</sup>・倉内 文孝<sup>2</sup>・嶋本 寛<sup>3</sup>・飯田 恭敬<sup>4</sup>  
船本 洋司<sup>5</sup>・栄徳 洋平<sup>6</sup>

<sup>1</sup>正会員 (株)福山コンサルタント 本社事業部 (〒812-0013 福岡市博多区博多駅東三丁目6-18)  
E-mail:kokubu@fukuyamaconsul.co.jp

<sup>2</sup>正会員 岐阜大学工学部社会基盤工学科 (〒501-1193 岐阜市柳戸町1-1)  
E-mail:kurauchi@gifu-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 宮崎大学准教授 工学部社会環境システム工学科 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)  
E-mail:shimamoto@cc.miyazaki-u.ac.jp

<sup>4</sup>非会員 京都大学名誉教授

<sup>5</sup>非会員 (株)福山コンサルタント 中四国支社 (〒730-0016 広島市中区幟町5-1)  
E-mail: y.funamoto@fukuyamaconsul.co.jp

<sup>6</sup>正会員 (株)福山コンサルタント 東京支社 (〒112-0004 東京都文京区後楽二丁目3-21 住友不動産飯田橋ビル1F)  
E-mail: eitoku@fukuyamaconsul.co.jp

ETC2.0で取得したプローブデータを用いて、自動車OD表を推計する手法の提案を行う。ITSスポットで観測されたOD通過交通量と、ETC2.0プローブデータから得られた各リンクの平均所要時間を基にしたDial確率配分のパラメータを調整することにより、自動車OD表を推計する手法であり、この理論について提案する。さらに、この手法の有効性を確認するため、実ネットワークにおいて自動車OD表の再現性を確認するとともに、ITSスポットの設置箇所数による推計精度への影響等の検証を行う。この手法を活用すれば、日単位のみならず時間単位のOD交通量の推計が可能となることを示す。

**Key Words** : OD estimation , ITS Spot , ETC2.0 probe data , Route Choice

## 1. はじめに

従来の自動車OD交通量は、道路交通起終点調査やパーソントリップ調査の道路利用者へのアンケート調査に基づいて推定されている。しかし、調査作業が膨大であり、多額の費用を要するものの、アンケート調査データの質の確保が困難であること、さらには従来から用いられている段階推定法では推定値に不整合が生じることや、交通量配分によるリンク交通量の推定が実際値と乖離するなどの問題点を有している。

これらの問題に対処するため、リンク交通量の観測値からOD交通量を推定する、いわゆるOD交通量逆推定の研究が進められてきた。<sup>1)</sup>

この方法の特徴は、リンク交通量の推定値が観測値にできるだけ近接するように推定されるので、段階推定法と比較してOD交通量の推定精度の大幅な向上ができることであり、また調査作業も軽減化できるので費用が安価となる利点を有している。

OD交通量逆推定モデルは、多くのモデルが提案<sup>2)</sup>されているが、これらのモデル運用にあたっては、ゾーン

発生交通量比率、発生ゾーン別目的地選択確率、OD別リンク利用確率、OD交通量の内々比率・外内比率の事前データを別途作成する必要がある。

事前データは、既存の道路交通起終点調査や交通量配分結果により作成することができるが、大規模な調査を要するという問題を有している。

一方、ETC2.0プローブデータは、現在はETC2.0対応車載器の普及率は低いが、今後は普及が進んでいくことが期待されており、本データを用いることにより、大規模な調査が必要なく、経済的に精度の高い事前データが作成できる。

本稿では、ETC2.0プローブデータを用いたOD交通量逆推定モデルの事前データ作成手法の提案と、その性能検証を行うことを目的とする。

## 2. ETC2.0を用いたOD交通量逆推定事前データ作成手法

### (1) はじめに

OD交通量逆推定モデルを実際に適用する際には、事

前データとして発生ゾーン別目的地選択確率、ゾーン発生交通量比率、OD別リンク利用確率を与える必要がある。

これらの事前データを作成にするにあたっては、ETC2.0プローブデータを活用することが考えられる。しかし、ITSスポットは特定地点に限られているため、OD交通量分布に関してはランダムサンプルとは言えず、収集データに偏りが生じる。そのため、偏りの少ないデータに近づけるよう修正する工夫が必要である。

その方法として、OD交通のITSスポット通過確率を推定し、ITSスポットで収集される各OD交通のデータ数（OD別スポット通過交通量）をOD別スポット通過確率で除することにより、ETC2.0によるサンプルOD交通量（ETC2.0サンプルOD交通量）が求められる。

OD別スポット通過確率は、OD別リンク利用確率に含まれるものであるが、それらをITSスポットにおける車両経路データから直接求めることは困難である。なぜなら、OD交通の経路選択は多様であり、ITSスポットを経由しない経路が多数存在するからである。

このため、ETC2.0プローブデータから経路上のリンク走行時間を収集し、確率配分手法を用いてOD別スポット通過確率を推定する。

このように作成されるETCサンプルOD交通量から、事前データである発生ゾーン目的地選択確率、ゾーン発生交通量比率を算定することが出来る。

(2) 日単位OD交通量に対する事前データ作成法

a) 発生ゾーン別目的地選択確率

ITSスポットで収集されるOD交通ごとの通過交通量、すなわちOD別スポット通過交通量は、OD交通量分布としては真値から偏りがあるので、ETCサンプルOD交通量を下記のような方法で推定する。

ITSスポット $s$ において、OD交通 $cd$ のスポット通過交通量 $\dot{x}_{cd}^s$ が観測されたとする。このOD交通 $cd$ がITSスポット $s$ を通過するスポット通過確率 $P_{cd}^s$ が既知であれば、スポット $s$ によるOD交通 $cd$ のETCサンプルOD交通量 $\hat{x}_{cd}^s$ は次式で推定できる。

$$\hat{x}_{cd}^s = \frac{\dot{x}_{cd}^s}{P_{cd}^s} \quad (1)$$

ここで、OD別スポット通過確率は、OD別リンク利用確率に含まれるものであるが、OD交通量のデータ収集がITSスポットで行われるので、区別するためにこのように称することとする。

ITSスポット $s$ のOD別スポット通過交通量 $\dot{x}_{cd}^s$ 及びOD別スポット通過確率 $P_{cd}^s$ が真値であれば、式(1)によるETCサンプルOD交通量の推定値はどのスポットに対し

ても同一となる。なぜなら、ETCサンプルOD交通量の真値をOD別スポット通過確率の真値で交通量配分すればOD別スポット通過交通量にならねばならないからである。

しかし、OD別スポット通過交通量とOD別スポット通過確率はともに誤差が介在するため、スポットによって式(1)は異なった値となることを考慮して、ITSスポットが多数ある場合は、各スポットによる推定値 $\hat{x}_{cd}^s$ の平均値を算出し、これをETCサンプルOD交通量の推定値 $\bar{x}_{cd}$ とする。

$$\bar{x}_{cd} = \frac{1}{N_s} \sum_s \hat{x}_{cd}^s = \frac{1}{N_s} \sum_s \frac{\dot{x}_{cd}^s}{P_{cd}^s} \quad (2)$$

ここに $N_s$ はITSスポットの総数である。

ETCサンプルOD交通量の推定値 $\bar{x}_{cd}$ が得られると、OD交通量逆推定モデルで用いられる事前値としての発生ゾーン別目的地選択確率 $m_{cd}$ は、次のように求められる。

$$m_{cd} = \frac{\bar{x}_{cd}}{\sum_d \bar{x}_{cd}} \quad (3)$$

同様に、内外OD交通 $Y_{cl}$ 、外内OD交通 $U_{kd}$ 、外外OD交通（通過交通） $W_{kl}$ それぞれの発生ゾーン別目的地選択確率 $n_{cl}$ 、 $q_{kd}$ 、 $r_{kl}$ についても同様に行える。

$$n_{cl} = \frac{\bar{y}_{cl}}{\sum_l \bar{y}_{cl}} \quad (4)$$

$$q_{kd} = \frac{\bar{u}_{kd}}{\sum_d \bar{u}_{kd}} \quad (5)$$

$$r_{kl} = \frac{\bar{w}_{kl}}{\sum_l \bar{w}_{kl}} \quad (6)$$

ここに、

$$\bar{y}_{cl} = \frac{1}{N_s} \sum_s \frac{\dot{y}_{cl}^s}{P_{cl}^s} \quad (7)$$

$$\bar{u}_{kd} = \frac{1}{N_s} \sum_s \frac{\dot{u}_{kd}^s}{P_{kd}^s} \quad (8)$$

$$\bar{w}_{kl} = \frac{1}{N_s} \sum_s \frac{\dot{w}_{kl}^s}{P_{kl}^s} \quad (9)$$

ここに、 $\dot{y}_{cl}^s$ 、 $\dot{u}_{kd}^s$ 、 $\dot{w}_{kl}^s$ はITSスポット $s$ で観測される内外OD交通、外内OD交通、外外OD交通のそれぞれのOD別スポット通過交通量である。

b) ゾーン発生交通量比率

ゾーン発生交通量比率  $o'_c$  は、式(2)と式(7)を用いて、次式で求められる。

$$o'_c = \frac{\sum_d \bar{x}_{cd} + \sum_l \bar{y}_{cl}}{\sum_c \sum_d \bar{x}_{cd} + \sum_c \sum_l \bar{y}_{cl}} \quad (10)$$

c) OD別リンク利用確率

ETC2.0プローブデータから、各リンクの走行所要時間が得られるので、走行経路データが全てのリンクをカバーしていれば、各リンク上で通過車両の走行所要時間の平均値を算定することで、そのリンク所要時間とすることができる。

各リンクの平均走行所要時間が得られると、OD別リンク利用確率（OD別スポット通過確率も含む） $P_{cd}^a$  は、確率配分を用いて得ることができる。

(3) OD別スポット通過交通量のデータ収集法

ETC2.0プローブデータは、スポット通過前の走行データであるため、トリップの発生ゾーンは確定できるが、到着ゾーンは確定できない。そこで、次のような方法を用いて、トリップごとの起終点を求めることとする。

単純化のために、図-1のように、中央部に3個の対象域内ゾーンと両端に2個の域外ゾーンが直線状に分布しているとする。そして、道路リンク上の各ゾーン境界には全てITSスポットが設置されているとする。

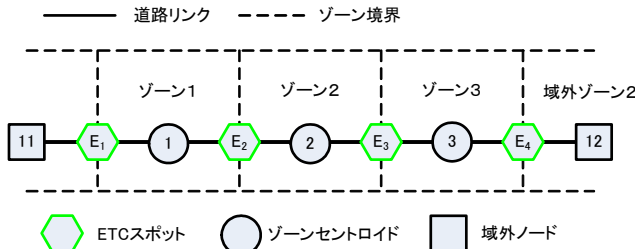


図-1 OD別スポット通過交通量のデータ収集

ITSスポットE2において検出されたトリップがゾーン1から発生したものと判明しているとする。このトリップがE3で検出され、E4で検出されなければ、トリップはゾーン3で集結したものと考えられる。これより、トリップはゾーン1からゾーン3へのOD交通であると判定される。

同様に、域外ゾーン11からの発生トリップがITSスポットE1だけで検出され、E2で検出されなければ、域外ゾーン11から域内ゾーン1へのODトリップということになる。

要するに、車両の移動方向に沿って、道路リンク上のゾーン境界における上流側ITSスポットでトリップが検出され、その下流側ITSスポットで非検出となれば、トリップはその間のゾーンに集中したと見なすことができる。この方法は、トリップの発生地点を確定することにも適用できる。

すなわち、あるゾーンにおける境界スポットの上流側で検出されなかったトリップがその下流側で初めて検出されると、トリップは当該ゾーンからの発生と確定することができる。このようにトリップ走行経路上のITSスポット通過車両を移動方向に沿って順次照合することにより、OD交通の起終点を把握することができる。

(4) 確率配分を用いたETCサンプルOD交通量の補正

OD別スポット通過交通量とOD別スポット通過確率から、式(1)のように、スポットsによるETCサンプルOD交通量が得られる。OD別スポット通過交通量とOD別スポット通過確率が真値であれば、どのスポットに対してもETCサンプルOD交通量は同一となる。

しかし、これらの両者はいずれも誤差を有しているのでETCサンプルOD交通量は、スポットsによって異なる値となる。

特に、OD別スポット通過確率は未知であるため推定する必要があり、誤差も大きくなる可能性がある。そこで、スポットsごとのETCサンプルOD交通量ができるだけ均一となるようなOD別スポット通過確率の推定法を考える。

この推定法として、Dialの確率配分法を適用することができる。確率配分は時間比配分ともいわれており、所要時間の短い経路ほど経路選択確率が高くなる配分法である。この方法は一般的に利用経路を任意指定できる特徴を有しているが、逆にこのことが配分結果に客観性が欠ける弱点となっている。

この弱点を改良したのが、Dialが提案した確率配分法<sup>3)4)</sup>であり、OD交通ごとの利用リンクが一意に確定できる利点がある。Dial法では、OD交通cdのk番目経路の選択確率  $R_{cd}^k$  は、次式のロジットモデルで推定される。

$$R_{cd}^k = \frac{\exp(-\theta_{cd} t_{cd}^k)}{\sum_k \exp(-\theta_{cd} t_{cd}^k)} \quad (11)$$

ここに、 $t_{cd}^k$  は発ノードcから着ノードdへのk番目経路の所要時間、 $\theta_{cd}$  はOD交通cdについての確率配分パラメーターである。

Dial確率配分法によりOD交通ごとのリンク利用確率を算定する。このリンク利用確率を用いてETCサンプルOD交通量は次式で再補正することができる。

$$\Psi_{cd} = \sum_s (\bar{x}_{cd} - \hat{x}_{cd}^s)^2 = \left( \frac{1}{N_s} \sum_s \frac{\dot{x}_{cd}^s}{P_{cd}^s} - \frac{\dot{x}_{cd}^s}{P_{cd}^s} \right)^2 \rightarrow \text{Min} \quad (12)$$

この再補正は、Dial確率配分法におけるOD交通ごとの配分パラメーター  $\theta_{cd}$  を調整することにより、ETCサンプルOD交通量の補正を行う。

(5) ETCサンプルOD交通量の欠落値の補完

ETC2.0プローブデータによるETCサンプルOD交通量推定における大きな問題点は、ITSスポットの整備が不十分な場合、推定不能のETCサンプルOD交通量、すなわちサンプルOD交通量の欠落値が存在することである。

ITSスポットが全てのゾーン境界に設置されている完全整備の状態であれば、ETCサンプルOD交通量の推定値が欠落するODペアが出現することはない。

しかし、完全整備の状態でなくても、一部ODペアに対して欠落するものの、大多数ODペアのETCサンプルOD交通量が推定できる。なぜなら、一部でもOD交通の利用経路がITSスポットを通過すれば、その経路選択確率を用いることができるからである。

簡単な例を図2で説明する。

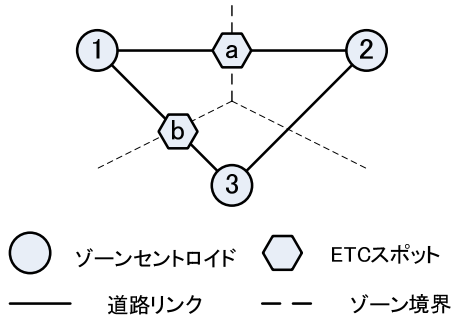


図-2 ETCサンプルOD交通量の欠落例

OD交通 2 3の一部が迂回経路 2 1 3を利用してれば、そのリンク利用確率を用いて、ETCサンプルOD交通量を求めることができる。すなわち式(1)より、

$$\hat{x}_{23}^a = \frac{\dot{x}_{23}^a}{P_{23}^a} \quad \text{あるいは} \quad \hat{x}_{23}^b = \frac{\dot{x}_{23}^b}{P_{23}^b}$$

となる。

このように、ITSスポットの完全整備状態でも、OD別スポット通過交通量と、そのOD別スポット通過確率を用いることで、大多数のODペアに対するETCサンプルOD交通量を得ることができる。

しかし、推定不能の欠落ODペアが出現することは避けられないので、その場合は補完が必要となる。

その補完には、既存のOD交通量調査データあるいは他のプローブデータによる発生ゾーン別目的地選択確率を利用する方法が考えられる。ここで、確定したODペアのETCサンプルOD交通量  $\bar{x}_{cd}$  に対して、欠落したODペアのETCサンプルOD交通量を  $\tilde{x}_{ch}$  と表すことにする。欠落ETCサンプルOD交通量は、既存他データによる発生ゾーン別目的地選択確率を用いて、次式で求めることができる。

$$\tilde{x}_{ch} = \frac{m'_{ch}}{m'_{cd}} \bar{x}_{cd} \quad (13)$$

ここに、 $m'_{cd}$  は確定ETCサンプルODペアに対する既

存他データによる目的地選択確率、 $m'_{ch}$  は欠落ETCサンプルODペアに対する既存他データによる目的地選択確率、である。この式の意味は、確定サンプルOD交通量と欠落サンプルOD交通量の比率が、対応する既存他データのOD交通量比率と同一であるという考え方である。当然のことながら、データには誤差が存在するので、確定サンプルODペアによる平均値を用いることにする。

$$\tilde{x}_{ch} = \frac{1}{N_{D(c)}} \sum_d \frac{m'_{ch}}{m'_{cd}} \bar{x}_{cd} \quad (14)$$

ここに、 $N_{D(c)}$  は発生ゾーン c に関する確定サンプルODペアの目的地ゾーン d の総数である。

上記の説明は、内内OD交通を対象にした方法であるが、内外OD交通、外内OD交通、外外OD交通に対しても同様に行える。

### 3. 仮想ネットワークによる事前データ作成検証

#### (1) 検証条件

本章では、図-3に示す仮想ネットワークを用いて、OD交通量逆推定事前データ作成手法の検証を行う。本研究で提案したモデルにおいて必要となるETC2.0プローブデータから取得する入力データは以下の通りである。

- i)OD交通cdのスポット通過交通量
- ii)リンク別平均所要時間

これらのデータを真値と想定するETCサンプルOD交通量を用いた利用者均衡配分により設定した。

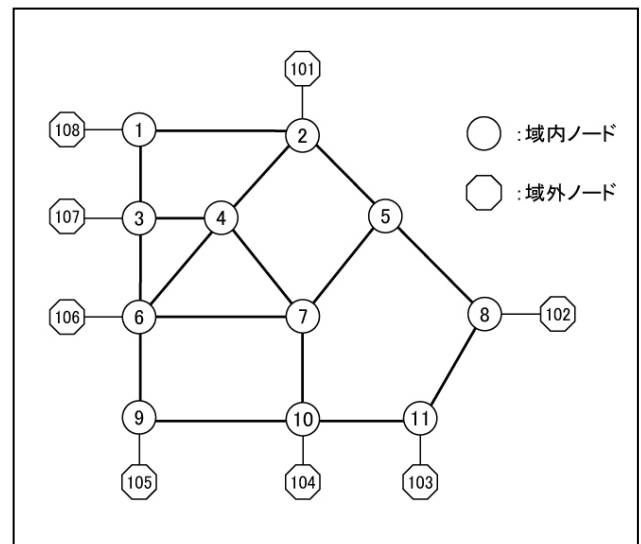


図-3 仮想ネットワーク

ITSスポットの想定設置箇所については、全てのゾーン間に設置したケースと、約半数にしたケースの2ケースを設定し、設置箇所による事前データ作成への影響について検証することとした。



表-1 ITSスポット設置箇所検討ケース（仮想ネットワーク）

	設置条件
ケースA	全ゾーン間に設置
ケースB	ケースAの約半数に設置

表-3 OD推定誤差率

ケースA	4.6%
ケースB	10.2%

4. 実ネットワークにおける事前データ作成検証

(1) 検証条件

本章では、福岡市を対象として、実際の道路ネットワークによるOD交通量逆推定事前データ作成手法の検証を行う。

仮想ネットワークによる検証と同様にi)OD交通 $c_d$ のスポット通過交通量、ii)リンク別平均所要時間を真値と想定するETCサンプルOD交通量を用いた確率的利用者均衡配分を行い設定した。

ITSスポットの想定設置箇所については、区境の主要道路に設置することを想定し、設置箇所数による影響を検証するため表-4に示す2ケースとした。

表-4 ITSスポット設置条件

	設置条件	箇所数
ケースC	区境の約10,000台/日以上の箇所	83
ケースD	区境の約20,000台/日以上の箇所	41

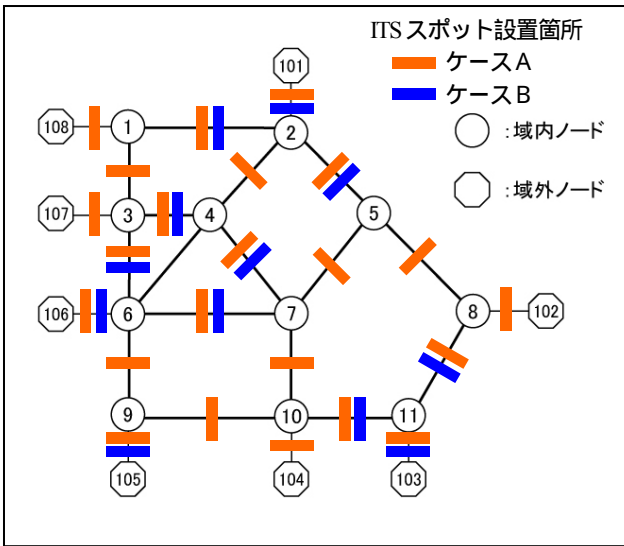


図-4 ITSスポット設置箇所図

(2) OD別経路把握状況

全てのゾーン間にITSスポットが設置しているケースAでは、当然OD別の利用経路は全て把握できている。ITSスポット設置箇所数を約半数としたケースBではODのうち87%は少なくとも一部の経路は把握できており本提案モデルにより推計が可能となる。

全ての経路がいずれのITSスポットでも把握できていないODは13%存在し、これらのOD間については他の既存ODデータから補完を行う対象となるが、補完については既存ODの精度に左右されるため、今回の検証では対象外とする。

表-2 OD別経路把握率

	ケースA	ケースB
全ての経路を把握	100%	22%
一部の経路を把握	-	65%
全ての経路が把握できない	-	13%

(3) 事前データの検証

Dial確率配分法におけるOD交通ごとの配分パラメータ $\theta_{cd}$ を調整することにより補正した推定OD表と真値としたOD表の比較を行う。

各ケースの式(15)で算定されるOD推定誤差率は、ケースAで4.6%と高く、ケースBにおいても10.2%と高い精度で推定されており、ITSスポットが少ない場合においても本提案手法は有効であるといえる。

$$\epsilon = \frac{1}{N_{OD}} \sum_{c \in C} \sum_{d \in D} \frac{|X_{cd} - \hat{X}_{cd}|}{\hat{X}_{cd}} \quad (15)$$

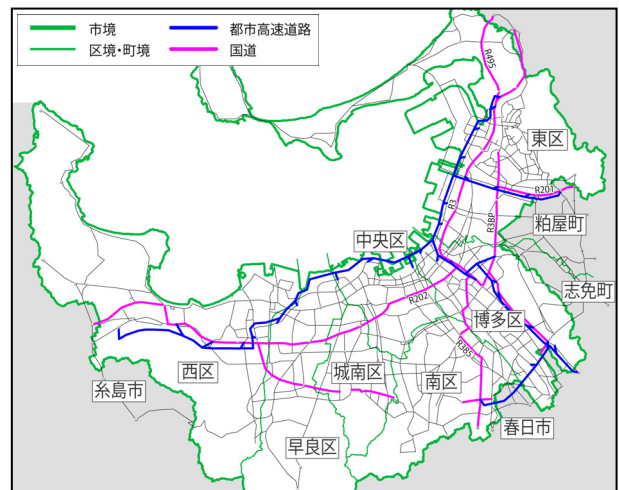


図-5 実ネットワーク（福岡市）

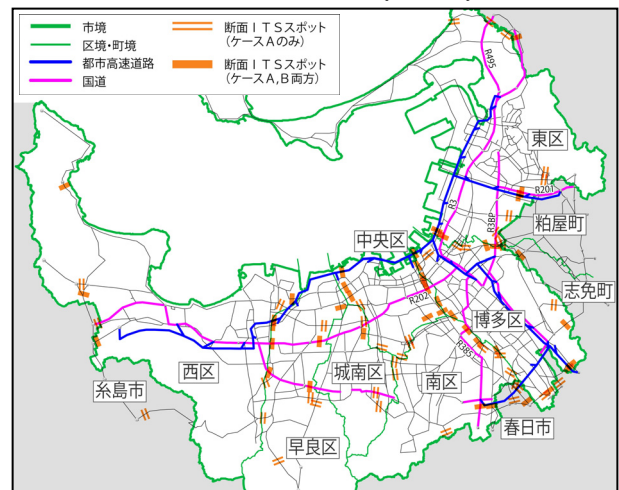


図-6 ITSスポット設置箇所図

真値と想定するETCサンプルOD表は、細分Bゾーンレベルで作成し、本提案モデルでの検証を区レベル、Bゾーンレベルで行う。

表-5 ゾーンレベルとゾーン数

ゾーンレベル	ゾーン数
区レベル	7
Bゾーン	53
細分Bゾーン	122

(2) OD別経路把握状況

区境の約10,000台/日以上 of 経路にITSスポットを設置するケースCでは、細分Bゾーンレベルで、一部でも経路が把握されたODは52%である。ITSスポットを区境に設置しているため基本的には区内々ODは経路が把握できないため、区内々ODを除くと62%のOD間の経路を一部でも把握されている。

ケースCの半数程度のITSスポット設置箇所 of ケースDでは、一部でも経路が把握されたODは41%であり、区内々を除くと50%となっており、ITSスポット設置箇所を少なくともOD経路把握率は大きく減少しないことが確認できた。

表-6 OD別経路把握率

	ケースC	ケースD
一部でも経路を把握	52%(62%)	41%(50%)
全ての経路が把握できない	48%(38%)	59%(50%)

( )内は区内々ODを除く構成比

(3) 事前データの検証

サンプルネットワークによる検証と同様に、Dial確率配分法におけるOD交通ごとの配分パラメータ  $\theta_{cd}$  を調整することにより補正した推定OD表と真値としたOD表の比較を行う。

区レベルでの式(15)で算定されるOD推定誤差率を表-7に示す。区レベルであればITSスポット設置箇所数の少ないケースDにおいても高い精度で推定されており、区境の主要幹線道路にITSスポットが設置されていればETC2.0プローブデータを用いてOD表が推定可能であると言える。

表-7 OD推定誤差率(区レベル)

ケースC	9.0%
ケースD	13.0%

表-8 区レベルOD推定誤差率(ケースC)

	東区	博多区	中央区	南区	西区	城南区	早良区
東区	-	8%	9%	7%	8%	7%	6%
博多区	7%	-	12%	4%	5%	8%	13%
中央区	10%	8%	-	4%	12%	7%	10%
南区	9%	8%	14%	-	10%	5%	7%
西区	11%	8%	8%	14%	-	9%	12%
城南区	7%	8%	2%	10%	11%	-	11%
早良区	7%	6%	11%	12%	8%	10%	-

表-9 区レベルOD推定誤差率(ケースD)

	東区	博多区	中央区	南区	西区	城南区	早良区
東区	-	14%	11%	15%	13%	12%	10%
博多区	17%	-	11%	12%	12%	12%	17%
中央区	11%	10%	-	14%	13%	12%	10%
南区	20%	11%	12%	-	12%	11%	16%
西区	12%	11%	12%	13%	-	12%	10%
城南区	14%	13%	12%	14%	13%	-	12%
早良区	13%	11%	13%	14%	14%	12%	-

5. 時間帯別OD交通量に対する事前データ作成

(1) 時間帯別発生ゾーン別目的地地選択確率等の推定

ETC2.0プローブデータの利点は、OD交通量の発生時刻データが得られることである。したがって、このデータから時間帯別OD交通量が推定できる。

ここで、トリップ発生時刻の時間帯を  $\delta$  と表すことにする。ITSスポットsにおいて、時間帯のOD交通量  $cd$  に対する時間帯別OD別スポット通過交通量  $\hat{x}_{cd}^s(\delta)$  が観測されたとする。この時間帯におけるOD交通量  $cd$  がスポットsを通過する確率(以後、時間帯別OD別スポット通過確率という)  $P_{cd}^s(\delta)$  が既知であれば、スポットsによる時間帯のOD交通  $cd$  に対する時間帯別ETCサンプル交通量  $\hat{x}_{cd}^s(\delta)$  は次式で推定できる。

$$\hat{x}_{cd}^s(\delta) = \frac{\dot{x}_{cd}^s(\delta)}{P_{cd}^s(\delta)} \quad (16)$$

また、時間帯  $\delta$  における内々OD交通、内外OD交通、外外OD交通の時間帯別発生ゾーン別目的地地選択確率は、式(3)から式(6)に対応して、以下のよう求められる。

$$m_{cd}(\delta) = \frac{\bar{x}_{cd}(\delta)}{\sum_d \bar{x}_{cd}(\delta)} \quad (17)$$

$$n_{cl}(\delta) = \frac{\bar{y}_{cl}(\delta)}{\sum_l \bar{y}_{cl}(\delta)} \quad (18)$$

$$q_{kd}(\delta) = \frac{\bar{u}_{kd}(\delta)}{\sum_d \bar{u}_{kd}(\delta)} \quad (19)$$

$$r_{kl}(\delta) = \frac{\bar{w}_{kl}(\delta)}{\sum_l \bar{w}_{kl}(\delta)} \quad (20)$$

さらに、時間帯における時間帯別ゾーン発生交通量比率  $o'_c(\delta)$  も式(10)に対応して、次式で与えられる。

$$o'_c(\delta) = \frac{\sum_d \bar{x}_{cd}(\delta) + \sum_l \bar{y}_{cl}(\delta)}{\sum_c \sum_d \bar{x}_{cd}(\delta) + \sum_c \sum_l \bar{y}_{cl}(\delta)} \quad (21)$$

(2) 時間帯別OD別リンク利用確率の推定

時間帯別OD別リンク利用確率（スポット通過確率も含む） $P_{cd}^a(\delta)$  は、日単位の場合と同様に、ITSスポットの走行経路データから各リンクの時間帯別平均走行所要時間を算定し、確率配分を用いて推定できる。

そして、この時間帯別OD別リンク利用確率は、式(12)を用いて補正される値が用いられる。このようにして事前データが与えられると、時間帯における時間帯別OD交通量は、時間帯別スポット現実通過交通量を用いて逆推定できる。

時間帯別OD交通に対応する現実スポット通過交通量、すなわち時間帯別スポット現実通過交通量 $v_s^*(\delta)$ は実際には実測できないので、次のような推定値を用いることにする。

$$v_s^*(\delta) = \frac{\dot{v}_{CD}^s(\delta) + \dot{v}_{CL}^s(\delta) + \dot{v}_{KD}^s(\delta) + \dot{v}_{KL}^s(\delta)}{\sum_{\delta} (\dot{v}_{CD}^s(\delta) + \dot{v}_{CL}^s(\delta) + \dot{v}_{KD}^s(\delta) + \dot{v}_{KL}^s(\delta))} v_s^* \quad (22)$$

ここに、

$$\dot{v}_{CD}^s(\delta) = \sum_c \sum_d \dot{x}_{cd}^s(\delta) \quad \dot{v}_{CL}^s(\delta) = \sum_c \sum_l \dot{y}_{cl}^s(\delta)$$

$$\dot{v}_{KD}^s(\delta) = \sum_k \sum_d \dot{u}_{kd}^s(\delta) \quad \dot{v}_{KL}^s(\delta) = \sum_k \sum_l \dot{w}_{kl}^s(\delta)$$

$v_s^*$  は日単位のスポットsにおけるトータル通過交通量である。

要するに、逆推定で用いる時間帯別OD交通に対応するスポット現実通過交通量 $v_s^*(\delta)$ は、各スポットにおける日単位トータル交通量 $v_s^*$ に、当該時間帯スポット通過交通量の日単位スポット通過交通量に対する比率を乗じた推定値となっている。

## 6. おわりに

本研究では、今後普及が進んでいくことが期待されているETC2.0プローブデータを活用して、大規模な調査が必要なく、経済的に精度の高い自動車OD交通量推定の事前データ作成法について提案した。

提案した手法は、ITSスポットで得られるOD別通過交通量とETC2.0プローブデータで得られるリンク別平均所要時間を用いたDial確率配分法により算出されるOD別リンク利用確率によりETCサンプルOD表を算出するものである。この際、配分パラメータを調整することにより精度の高いOD別リンク利用確率が得られる提案をした。

このETCサンプルOD交通量から、OD交通量逆推定モデルの事前データである発生ゾーン別目的地選択確率と

ゾーン発生交通量比率が作成できる。これらの事前データと、パラメータ調整済みのDial確率配分によるOD別リンク利用確率、およびリンク交通量の観測値から逆推定モデルを用いてOD交通量を推定することができる。

特に、本提案手法の特徴は、ETC2.0プローブデータはトリップの発生時刻が分かるので時間帯別OD表も同様にして推定できる点である。異なる点は、目的関数の最小化においてリンク交通量ではなく、スポット通過交通量を用いることである。この場合、時間帯別OD交通に対するスポット通過交通量が収集できるので、時間帯別現実スポット通過交通量としては、日単位トータルスポット通過交通量に当該時間帯スポット通過交通量の日単位比率を乗じた推定値を用いることができる。

福岡市を対象とした、実ネットワークにおける本提案手法の検証では、区境の主要幹線道路だけにITSスポットが設置されていれば区レベルのETCサンプルOD交通量の推定が可能であることが確認できた。

今後の課題としては、今回の検証では区境にITSスポットを設置することを想定して検証を実施したが、区内の主要路線に数箇所ITSスポットを設置した場合のBゾーンODレベルでのETCサンプルOD交通量の推定精度の検証が必要である。

## 参考文献

- 1) 飯田恭敬監修、北村隆一編著：交通工学、8章5節、オーム社、2008
- 2) 飯田恭敬：交通計画のための新パラダイム-交通ネットワーク信頼性とOD交通量逆推定-、技術書院、2008
- 3) R. B. Dial: Probabilistic Multipath Traffic Assignment Model Which Obviates Path Enumeration, Transportation Research, Vol. 5, No.1, 1971
- 4) Y. Sheffi: Urban Transportation Networks, Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods, Prentice-Hall, 1985

(2016. 4. 22 受付)

## OD matrix estimation method by ETC2.0 probe data

Tsuneaki KOKUBU, Fumitaka KURAUCHI, Hiroshi SHIMAMOTO, Yasunori IIDA, Youji FUNAMOTO and Youhei EITOKU