

都市高速道路におけるETC-ODデータの利用可能性に関する一考察*

A Study on an Availability of ETC-OD Data in Urban-Expressway*

田中 厚**・森地 茂***・日比野 直彦****

By Atsushi TANAKA**・Shigeru MORICHI***・Naohiko HIBINO****

1. はじめに

ETCはキャッシュレス化による利便性向上、料金所渋滞の解消、管理費の削減といった目的のもと、平成13年3月に沖縄、千葉地区で本格運用が開始されて以降8年が経過し、現在では高速道路利用者の8割強が利用している¹⁾。さらに、最近では土日祝日での割引施策等ETCシステムを用いた各種割引施策等もあり、今後も利用率の向上が予想される。特に首都高速道路では、利用交通量約113万台のうち約83%の利用者が、このETCを利用している²⁾。

ETCは割引施策等の利用者側のみならず、高速道路管理者にとっても有益な情報をもたらしている。特にデータ面で、都市高速道路では従来は多くの出口（一部の入口）において料金所が設置されていなかったため、日々刻々と変化する利用車行動の把握は困難であったが、ETC路側機器等の整備に伴い、これらのデータの取得が可能となった。

しかしながら、現在、ETCデータは料金收受目的の利用が主であり、交通特性分析への適用はあまりなされていない。首都高速道路（株）においても、これらの有益なデータを日々蓄積しているにもかかわらず、有効活用できていないのが現状である。ETCデータの有効活用を考えると、何ができ、またどのように役立てられる可能性があるかを考える必要がある。そこで本研究では、ETCデータの新たな活用方法を検討し、提案することを目的とする。

2. 既往の研究のレビュー

ETCデータを使用した研究は、これまでも多数存在し、これらは大きく以下の3つに分けられる。第1は、舌間ら³⁾にみられるようにETCデータから所要時間や

交通状況変化との関係を把握、分析するものである。第2は、西内ら⁴⁾や秋元ら⁵⁾にあるような観測されたETC情報から行動パターンや、時々刻々と変化する交通状況による自動車の流れを分析するものである。そして第3は、Julie PÉLATAら⁶⁾にあるようにETCデータを車両感知器データから得られる経路旅行時間といった既存のデータとを組合せ、経路交通量等を推定するものである。このように、様々なETCデータを用いた研究がなされているが、ETCデータの特性を生かし、具体的な活用まで示している研究は、まだ少ないと言えよう。

3. ETC-ODデータ

(1)ETC(有料道路自動料金支払いシステム)

ETCとは、DSRC（狭域無線通信）を用いた方法による有料道路料金の支払いシステムであり、車載器と路側機器との間で無線通信を行い、必要な情報を取得し料金の收受を行うものである。取得可能なデータとしては、利用車種、利用情報（入口流入時間、出口流出時間等）等が挙げられる。これにより、ETC車における利用時間帯別、車種別のOD交通量を得ることが可能である。これらは、従来では大規模な調査により特定期間のみしか得られなかったが、ETCデータを利用することにより、ETC車のみとはなるが、任意の期間での取得が可能となることは、大きな特徴である。ETCデータのOD間情報（以下、ETC-ODデータ）を使用することによって、何ができるのかを次節以降で示す。なお、その際に使用するデータは表1のとおりである。

表1 使用データ一覧

項目	内容
対象範囲	首都高速道路全線
抽出期間	平成19年1月31日 午後9時～ 同年3月4日 午前3時 平成20年1月30日 午前9時～ 同年3月2日 午前3時

(2)ETC-ODデータを用いたOD表の作成

現在、首都高速道路における利用出入口間のOD表は首都高速道路交通起終点調査結果⁷⁾（以下、OD調査）

* キーワーズ：ETC-ODデータ、交通行動調査、経路選択

** 非会員，修（工），政策研究大学院大学（東京都港区六本木7-22-1）／首都高速道路（株）

*** フェロー会員，工博，政策研究大学院大学（東京都港区六本木7-22-1 TEL03-6439-6217）

**** 正会員，博（工），政策研究大学院大学（東京都港区六本木7-22-1 TEL03-6439-6215）

を基に得られたサンプルデータと車両感知器データで得られる交通量より拡大を行っている。しかし、このサンプルデータの回収率は15%程度であるため、観測誤差が全数拡大の際に大きな影響を与える可能性は否定できない。一方、ETC-ODデータを用いることにより、約80%程度のサンプルを用いることが可能となるため、より精度の高い出入口間OD表の作成が可能となる。また、任意の期間でデータの入手が可能となることから、特定日調査ではできなかった曜日別や月別等の出入口間OD表作成も可能となる。

(3) OD間(出入口間)旅行時間について

現在、OD間(出入口間)旅行時間(以下、OD間旅行時間)は、車両感知器データの速度データを時間帯別に集計し算出しているものであり、出入口間OD交通量やその速度から直接観測されているものではない。したがって、旅行時間分布の平均、分散等を直接観測することは不可能である。

一方、ETC-ODデータを用いることにより、ETC車のみではあるがOD間旅行時間分布の平均、分散まで観測可能となり、図1のような分布図を作成することが可能となる。

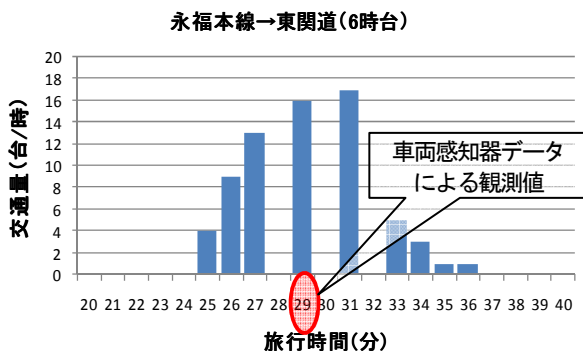


図1 OD間(出入口間)旅行時間分布(2008年2月13日)

(4) まとめ

ETC-ODデータを使用することにより、「① 曜日別、時間帯別、車種別のOD交通量等、今までは別途調査が必要であった項目についての分析が可能となる。」、「② 車両感知器データでは得ることができなかったOD間旅行時間分布も新たに取得可能になる。」といったことを本稿では示した。またさらに、ETC-ODデータを活用することにより、今まで行ってこなかった新たな分析を行うことが可能となることが考えられる。例えば、OD間旅行時間分布を経路毎に分解することによる経路交通量の推計方法への適用や、時間帯別のOD間旅行時間分布と車両感知器データを組み合わせた方法による旅行時間予測モデルの構築への適用等が挙げ

られる。

そこで、次章ではこのうち経路交通量推計方法へのETC-ODデータの適用可能性について検討を行うこととする。

4. ETC-ODデータの利用者特性分析への適用可能性の検討

(1) 経路交通量推計方法の提案

従来、経路交通量を算出する方法としてはOD調査等の個別調査を行い、そのアンケート結果から拡大する方法が用いられている。しかしその方法は、出入口間OD表作成と同様、サンプルデータの回収率による観測誤差が、経路交通量に大きな影響を及ぼしていることは否定できない。

一方、車両感知器データは経路毎の旅行時間について算出可能であるが、何台の利用者がどの経路を利用しているかは観測不可能である。また、ETC-ODデータについても出入口間OD交通量は観測可能であるが経路特定用にチェックバリアデータ等特別な情報が保持されている場合を除き上記同様経路交通量を直接観測することは不可能である。

実際の高速道路利用者の行動は目的地に到着するまでに複数の経路が存在する場合、利用者各自の判断により利用経路を選択している。また、等時間原則に必ずしも従っておらず、利用経路により目的地に到達するまでに旅行時間が異なる場合がある。つまりOD間旅行時間分布は経路毎の旅行時間の集計結果であることから複数のピークをもつ場合がある。その一例を図2に示す。

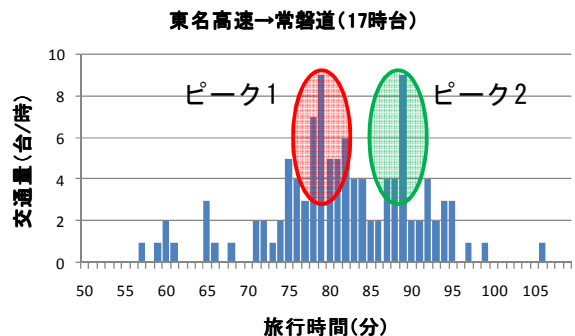


図2 旅行時間分布(2008年2月13日)

そこで本研究では、このピークがそれぞれの経路旅行時間のピークを表しているということであれば、このOD間旅行時間分布を分析することで経路交通量が推計可能であると考えられる。すなわち、観測されたOD間旅行時間分布は利用した経路の旅行時間の累積であ

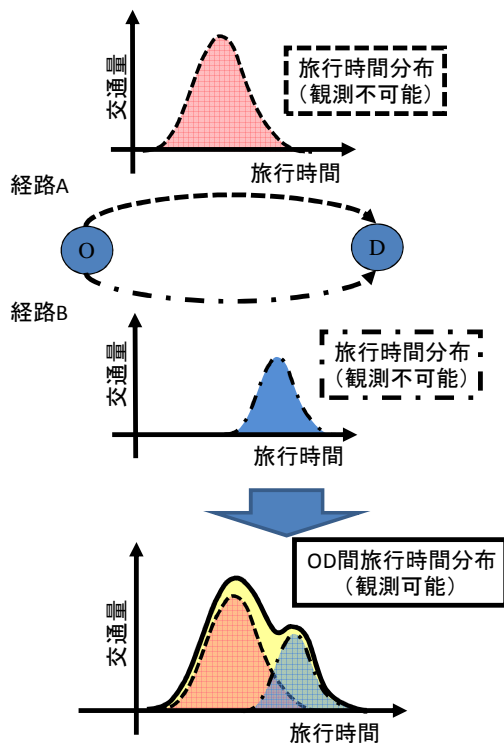


図3 経路交通量の実際

ることから、OD間旅行時間分布は経路毎の旅行時間分布の足し合せである。したがって、観測されたOD間旅行時間分布を分解することにより経路交通量を推計することが可能となる。このことを明示したのが図3である。

本研究では、図3に示す1OD2ルート of 模擬ネットワークを対象とし、各経路の旅行時間分布を正規分布と仮定することにより、経路毎の交通量の推計を行う。式(1)から(4)を用い、経路毎の平均、分散等をパラメータとして推定する。ここでは、式(4)を制約条件とし、式(1)を最小化するといった問題として定式化している。

$$f(t, \mu_a, \mu_b, \sigma_a, \sigma_b, \alpha, \beta) = (q(t) - g(t, \mu_a, \sigma_a, \alpha) - g(t, \mu_b, \sigma_b, \beta))^2 \quad (1)$$

$$g(t, \mu_a, \sigma_a, \alpha) = \alpha * \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_a} * \exp\left(-\frac{(q(t) - \mu_a)^2}{\sigma_a^2}\right) \quad (2)$$

$$g(t, \mu_b, \sigma_b, \beta) = \beta * \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_b} * \exp\left(-\frac{(q(t) - \mu_b)^2}{\sigma_b^2}\right) \quad (3)$$

$$\alpha + \beta = \sum q(t) \quad (4)$$

- $q(t)$: 旅行時間 t における観測交通量
- μ_a : 経路Aの平均旅行時間
- μ_b : 経路Bの平均旅行時間
- σ_a : 経路Aの旅行時間分散
- σ_b : 経路Bの旅行時間分散
- α : 経路Aの交通量拡大係数
- β : 経路Bの交通量拡大係数

なお、各経路で設定した正規分布は確率密度関数で

あり面積1の分布形であるため、これらを経路交通量換算するためのパラメータ α, β (拡大係数) を用いている。

また、分析にあたり発生交通量等を仮想的に与えている。経路毎に正規分布のパラメータを表2の範囲で乱数を発生させ元分布を決定し、その値に交通量確定用乱数を乗じた交通量分布を作成する。この経路毎の交通量を旅行時間帯毎に足し合わせた分布形を全体交通量としている。

表2 データパラメータ

	分布1	分布2
平均値	20~80	50~110
分散	0.5~5	0.5~5
拡大係数	75~175	100~200
交通量確定用乱数	0, 0.8~1.2	

(2)分析結果

図4に経路交通量推計結果、図5に旅行時間別経路交通量推計結果の一例を示す。

このケースでは、分析上与えた経路毎の分布形と推計された経路毎の分布形との形状にほぼ相違がなく、また、相関係数が0.98となっており、精度高く経路交通量を推計できている。

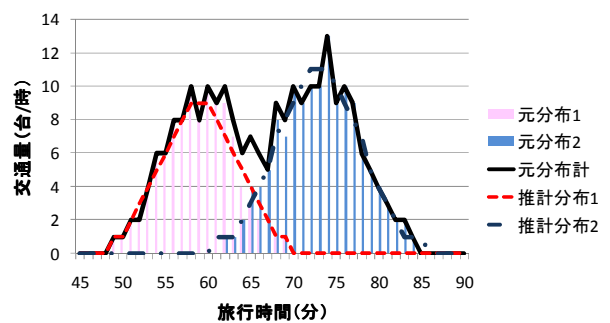


図4 経路交通量推計結果

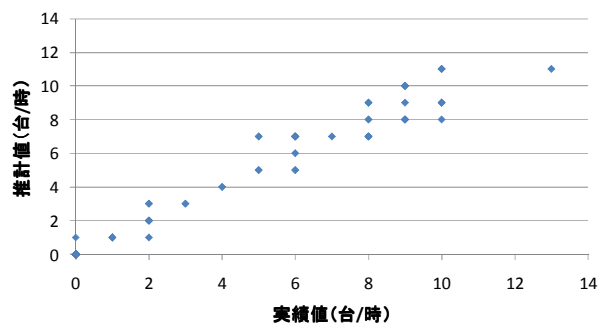


図5 旅行時間別経路交通量推計結果

(3) 分析結果まとめ

上記の試行を1,000回行った結果を以下に示す。なお、結果の整理にあたっては設定した推計値と実績との差を指標化したRMS誤差により整理を行っている。

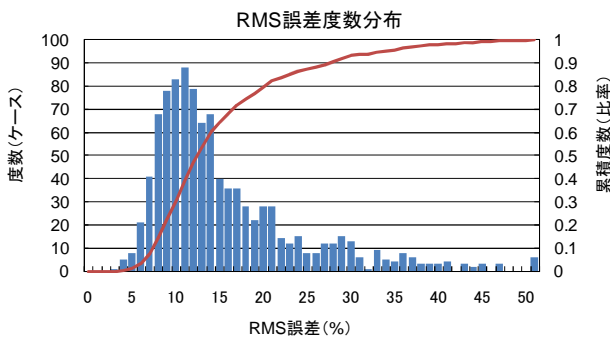


図6 RMS誤差分布

表3 RMS誤差集計表

RMS誤差 (%)	個数
20未満	794
20以上~25未満	77
25以上	129
合計	1,000

表3よりRMS誤差が20未満のものが全体の約8割である等、精度高く経路交通量が推計されていることが見てとれる。一方、25%以上のものが1割程度存在している。これは経路間の旅行時間に差がなく、分布形として一つの形状になってしまうような場合で生じたものである。すなわち、平均、分散がほぼ等しい場合は推計される分布形が1パターンで代表されてしまい、他のパターンの分布形が“0”になってしまうためRMS誤差が大きくなることによる。すなわち、分布形がほぼ等しい場合には明確に経路交通量を推計することが困難であることが明らかとなった。このため経路交通量を推計する際には別途に検討が必要であると考え。また、分析に用いたデータは乱数を発生させて交通量を与えており、結果として交通量が存在しない時間帯を発生させているが、推計される交通量は正規分布を仮定しているためすべての旅行時間で交通量が推計される。そのため、推計される交通量が多い時間帯で設定した交通量が“0”である等、谷が発生す場合にRMS誤差が大きくなる現象も観測されている。実際のOD間旅行時間分布でもこの交通量の谷は観測されるため、これについても検討が必要である。

6. おわりに

本研究は、ETC整備の進展やETC利用率の上昇に伴

い取得可能となった都市高速道路におけるETC-ODデータの活用方法の検討を行い、その具体的な利用方法として、経路交通量推計方法の提案、検証を行ったものである。

ETC-ODデータを利用することは、曜日別、時間帯別、車種別といった詳細なOD交通量の分析に留まらず、経路交通量の推計、さらには、旅行時間の予測にまで適用可能であることを示唆している。また、経路交通量推計については、1OD2ルート of 模擬ネットワークを用い、OD間旅行時間分布を各経路の旅行時間分布に分解する方法とその検証にまで分析を進めている。分析結果より、経路毎の旅行時間分布の平均値がほぼ等しい場合等を除けば、高い精度で経路毎に分解可能であることを明らかにした。なお、実現象においても経路毎の旅行時間分布が類似する場合は考えられるため、この点については、車両感知器データとの組み合わせをする等のさらなる検討が必要であると考え。

今後の研究として、本研究の知見を踏まえ、実データを利用した分析を行う予定である。具体的には、経路旅行時間が類似している場合の検討として、都心環状線の内回りと外回りを利用する場合の分解やETC-ODデータの経路交通量推計、旅行時間予測への実適用に向けたETCアンテナの増設箇所等の検討を行うことを考えている。これらにより、より正確な情報提供やそれによるフローコントロールへと繋がるものと期待する。

参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ；
<http://www.mlit.go.jp/road/yuryo/riyou.pdf>
- 2) 首都高速道路(株)ホームページ；
<http://www.shutoko.jp/etc/etc/rate/index.html>
- 3) 舌間 貴宏, 村重 至康, 山岸 肇, 大内 浩之, 堀口 良太: アップリンク情報を活用した都市間高速道路における旅行時間予測手法の研究, 第6回 ITS シンポジウム講演集, pp.137-142, 2007.
- 4) 西内 裕晶, Marc MISKA, 割田 博, 桑原 雅夫: 首都高速道路におけるOD交通量の変動要因分析とその予測手法に関する研究, 第6回 ITS シンポジウム講演集, pp.229-234, 2007.
- 5) 秋元 健吾, 小根山 裕之, 西内 裕晶, 割田 博, 桑原 雅夫: ETC データを用いた首都高速道路のランプ入口・出口選択行動に関する実証分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.37, 4 pages, 2008.
- 6) Julie PÉLATA, Shamas ul Islam BAJWA, Masao KUWAHARA and Hiroshi WARITA: Travel Time Variability and Route Identification Based on ETC-OD Date, 生産研究, 60巻4号, pp.360-363, 2008.
- 7) 第25回首都高速道路交通起終点調査報告書, 首都高速道路公団, 2003.