

観測時間の集約とOD交通量の分布形に関する基礎的研究*

A Fundamental Study of Relationship between Change of OD Volume Distribution and Measurement Time Interval Aggregation*

西内裕晶**・Marc MISKA***・桑原雅夫****・割田博*****

By Hiroaki NISHIUCHI**・Marc MISKA***・Masao KUWAHARA****・Hiroshi WARITA*****

1. はじめに

近年、動的な交通施策を検討するために、各種センサーから感知された交通データを用いて、動的な交通現象を解析することが進められている。特に、高速道路の料金収受時に計測されたETC-ODデータは、これまで「ある1日」を代表する指標として扱われていたOD交通量を、高速道路のランプ間という断面的なデータではあるものの、ランプ間OD交通量を様々な時間単位で解析することを可能としている。

このETC-ODデータを用いてOD交通量を推計予測する方法などは検討されているものの¹⁾、ランプ間OD交通量の変動特性、分布特性を詳細に解析した例は少ないのが現状である。飯田ら²⁾の研究や、井料ら³⁾や稲田ら⁴⁾が議論しているように、交通量データの分布形を解析することにより、交通量データが確率的にどのような特性を持ち、どのように確率論的に扱うべきかを考察している。それは、OD交通量についても解析が行われ、例えば田中ら⁵⁾は、首都高速道路にて観測されたナンバープレートマッチングデータにより、限られたサンプルとODペア数ではあるものの、ランプ間OD交通量の日変動特性を分析している。一方で、近年、ETC-ODデータを用いた分析としては、横田ら⁶⁾は、阪神高速道路におけるETC-ODデータを用いて大型車を対象にOD交通量の分布特性について考察をしている。しかしながら、クラスタ分析による分布形の分類ができることは示されているものの、具体的にランプ間OD交通量がどのような分布形に従うのか等の考察は行っていない。また、筆者⁷⁾は、首都高速道路のETC-ODデータを用いて、ランプ間OD交通量の変動特性を解析し、ベイジアンネットワークを用いた確率的なOD交通量

予測手法を提案している。しかしながら、平均OD交通量が比較的高いODペアを分析の対象としており、道路ネットワーク上の多くを占める平均OD交通量が低い水準のODペアに着目したOD交通量の変動特性は、多くの知見が無いのが現状である。

そこで本稿では、道路ネットワーク上に多く存在している平均OD交通量が低いOD交通量も予測/推計の可能性を検討するために、そのOD交通量の分布特性について解析を行う。具体的には、まず、基礎的な知見として、本研究で対象とするODペアの5分間OD交通量の観測度数の分布形に関して、それらがどの確率分布に従うのかについて確認する。次に、平均5分間OD交通量が比較的低いODペアに着目し、OD交通量の観測時間を5分以上に集約することによって変化したOD交通量の分布形が、平均5分間OD交通量が高いODペアの分布形に対して同じ分布形を示すのかどうかを確認する。

2. 分析対象ODペアとETC-ODデータ

本研究で用いるETC-ODデータからのランプ間OD交通量データの取得期間は、2006年6月25日から2007年3月23日の内で、欠損日や年末年始・お盆の週を除く154日分とし、データ取得時間帯は午前7時から午後7時までの12時間とした。

本稿で分析の対象としたODペアは、首都高速道路3号渋谷線の上りの用賀本線料金所を入口にし、池尻、一之江本線(京葉道路との接続料金所)、浦安を出口とするODペアを対象とした。それぞれの位置と平均5分間OD交通量を図-1に示す。

3. 5分間OD交通量の分布形

(1) 分析の概要

ここでは、5分間OD交通量を対象として、それらがどのような確率分布に従うかを確認する。具体的には、交通分野で多く適用がなされているポアソン分布、正規分布に加えて、本研究では負の二項分布に着目し、前章で

*キーワード: OD交通量分布, ETC-ODデータ, 集計時間

**正員, 博(工), 日本大学理工学部社会交通工学科

(千葉県船橋市習志野台7-24-1, TEL:047-469-5219,

E-mail:nishiuchi.hiroaki@nihon-u.ac.jp)

***正員, Ph. D, 東京大学生産技術研究所

****正員, Ph. D, 東北大学大学院情報科学研究科

*****正員, 博(工), 首都高速道路株式会社

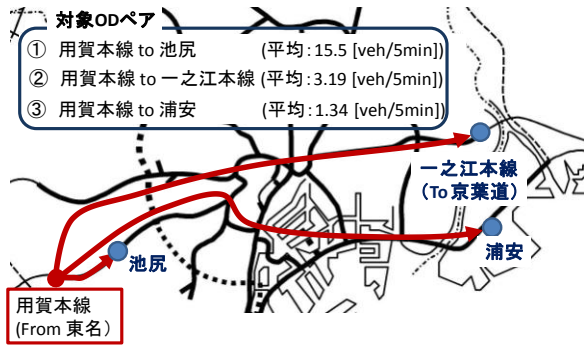


図-1. 分析対象 OD ペアとその平均5分間 OD 交通量

分析対象として抽出した 3 ODペアの5分間OD交通量の観測度数分布がどの確率分布に従うのかを検討する。なお、対象とした 3 ODペアごとに5分間OD交通量の観測度数とそれぞれの確率分布から推定した期待度数について適合度の検定も併せて行った。

分析の対象にした確率分布の確率密度関数を式(1)から(7)に示している。具体的には、平均5分間OD交通量を μ 、標準偏差を σ としたときに、5分間OD交通量が x となる確率密度関数を、ポアソン分布の場合は式(1)、正規分布は式(2)、負の二項分布は式(3)と(4)として、期待度数を推定し、推定結果と観測度数を用いて適合度の検定を行うものである。なお、本研究で対象とした確率分布は、バスの乗降データを用いてGuentherら⁸⁾や徳永ら⁹⁾が行った、バス停別の乗車人数分布の推定方法を参考にした。

a) ポアソン分布

$$f(x) = \exp(-\mu) \cdot \mu^x / x! \quad (1)$$

b) 正規分布

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2\right] \quad (2)$$

c) 負の二項分布

$$f(x) = [(x+k-1)/x] \cdot q \cdot f(x-1) \quad (3)$$

$$f(0) = p^k \quad (4)$$

$$p = \mu / \sigma^2 \quad (5)$$

$$q = 1 - p \quad (6)$$

$$k = p\mu / q = \mu^2 / (\sigma^2 - \mu) \quad (7)$$

p, q, k ; 負の二項分布のパラメータ

(2) 5分間OD交通量の分布形

図-2から図-4には、分析対象とした 3 ODペアごとに、5分間OD交通量の観測度数の分布形と、ポアソン分布、正規分布ならびに負の二項分布を仮定して推計した期待度数の分布を示している。

各図より、いずれのODペアについても、ポアソン分布や正規分布よりもむしろ、負の二項分布が5分間OD交通量の観測度数の分布形に比較的適合していることが分かる。これは、負の二項分布自体が、平均よりも分散が大きいデータに対して適用される分布形であるという特性を持っており、本研究で対象としたODペアについて確認すると、平均5分間OD交通量よりもその分散の値が大きくなっていることから、負の二項分布の方が、それ以外のポアソン分布と正規分布の分布形よりも当てはまっているものと考えられる。

ここで本研究では、OD交通量データの負の二項分布への適合度を χ^2 検定により確認した。しかしながら、いずれのODペアにおいても、5%の有意水準において十分に適合度が高いとは言えなかった。その理由としては、 χ^2 検定そのものの特性として知られるように、検定する対象の総度数が大きくなると、観測度数と理論度数の差が開きやすくなることから、帰無仮説が棄却されやすくなることが原因と考えられる。本研究で用いたOD交通量は、5分間という比較的短い時間単位で約半年間に集計されたものであり、その総度数は高い。よって、本研究で用いたデータについても、負の二項分布では説明できないデータも多く観測されたため、 χ^2 検定で棄却されたものであると考えられる。

4. 観測時間の集約によるOD交通量分布形の変化

(1) 分析の概要

ここでは、OD交通量の観測時間を集約することにより、その分布形がどのように変化するかを確認する。具体的には、平均5分間OD交通量が高いODペア(例えば、用賀本線→池尻(以下OD①))の分布形を基準とし、集約時間単位を集約された平均5分間OD交通量が低いODペア(例えば、用賀本線→一之江本線(以下OD②)や浦安(以下OD③))の分布形が、OD①の分布形に対して一致するかどうかを検討するものである。観測時間の変更の目安としては、平均OD交通量の差異を参考にする。例えば、図-1中のOD①の平均5分間OD交通量は、OD②のそれに対して約4.8倍であるので、OD②の観測時間を20分強まで集約し、その変化した分布形とOD①の5分間OD交通量の分布形を比較し、両者が一致するかどうかを確認することとする。

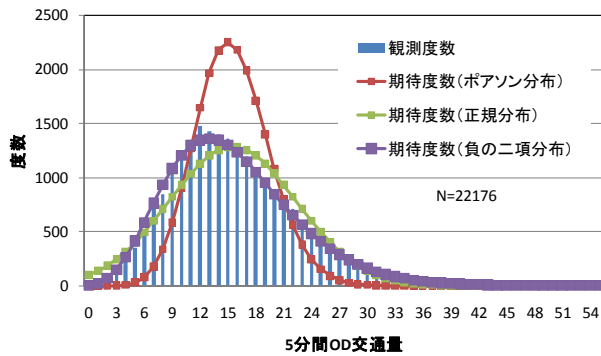


図-2. 5分間OD交通量の観測度数と期待度数の分布 (OD①; 用賀本線 → 池尻)

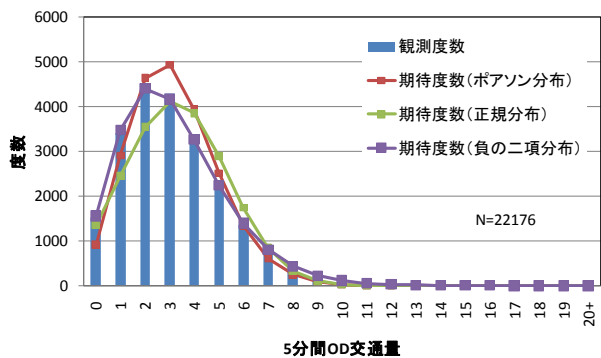


図-3. 5分間OD交通量の観測度数と期待度数の分布 (OD②; 用賀本線 → 一之江本線)

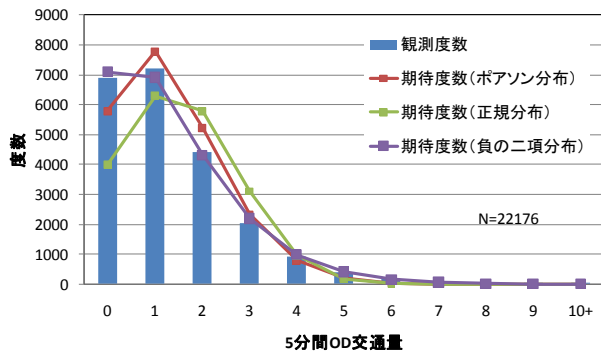


図-4. 5分間OD交通量の観測度数と期待度数の分布 (OD③; 用賀本線 → 浦安)

(2) OD交通量集計時間の集約と分布形の変化

図-5には、OD②のOD交通量の観測時間を5分から20分、23分、25分、30分と集約した場合の分布形と、OD①の5分間OD交通量の分布形を示したものである。図-5より、OD②の集約時間を20分とした場合の分布形がOD①の平均5分間OD交通量の分布形と類似した形状となっていることが分かる。ここで、図-6では、集計時間をOD②で20分、OD③で50分とした場合の分布形と、OD①の5分間OD

交通量の分布形を示す。OD②とOD③のOD交通量の分布形が、OD①の5分間OD交通量の分布形に類似した分布形になるかどうかを、OD②とOD③のOD交通量の集計時間を集約することにより検討したものである。図-6より、OD③については、観測時間を50分まで集約したために、観測される総度数が少なくなり、他のODペアのように滑らかな形状とはならないものの、3 ODペアのOD交通量分布の形状が概ね一致していることが見てとれる。OD②については、図-5と同様の分布形であり、OD①の分布形と一致していることが分かる。また、図-7では、OD②を基準として、OD③のOD交通量の観測時間を12分まで集約した場合の分布形とOD②の5分間OD交通量の分布形を比較したものである。ここでも、平均OD交通量の水準を合わせることで、両分布形が概ね一致していることがグラフより見ることができる。また、図-6と図-7より、観測時間の集約幅については、いずれの場合も平均5分間OD交通量の比率分 (OD②の平均5分間OD交通量はOD③の約2.3倍) を集約し、平均値を概ね合わせることで、観測時間を集約されたOD交通量の分布形がその基準となるODペアのOD交通量分布と概ね一致することが明らかとなった。

ここで、筆者により、OD①のような平均OD交通量が比較的高いODペアについては、ベイジアンネットワークを用いた確率的に将来OD交通量を予測した方が、過去の蓄積データから算出する平均OD交通量を予測値とするよりも高精度に予測可能であることを確認している⁷⁾。よって、本稿の結果のように、平均OD交通量の水準が低いODペアにおいても、確率的に予測可能なODペアのOD交通量の分布形と類似した分布形を得ることが可能であることは、ODペアが持つ平均OD交通量の水準によらず、水準の高いODペアと同程度の平均値になるまでOD交通量の集約時間を拡大することにより、交通量水準が比較的低いODペアでも確率的にOD交通量を推計・予測できる可能性があること示唆している。

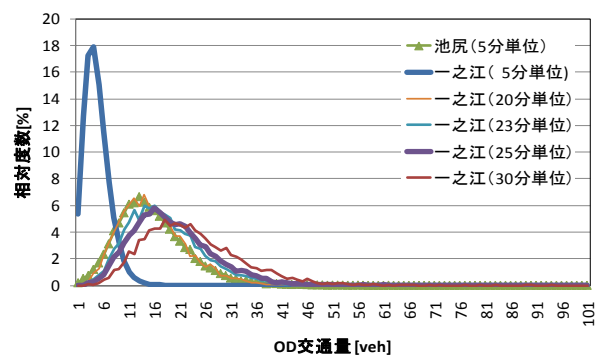


図-5. OD②(用賀本線→一之江本線)の集計時間単位の拡張によりOD交通量分布形が変化する様子

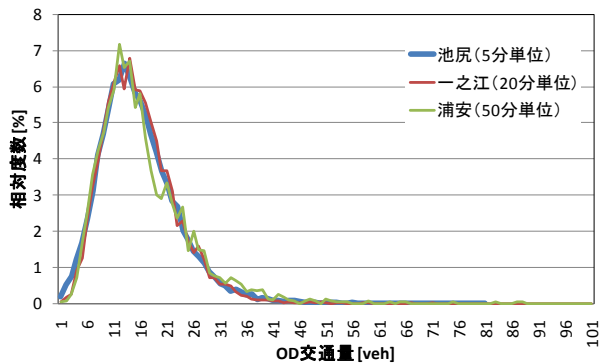


図-6. OD①(池尻)を基準としてOD②(一之江本線)とOD③(浦安)の観測時間を集約した場合のOD交通量の分布形

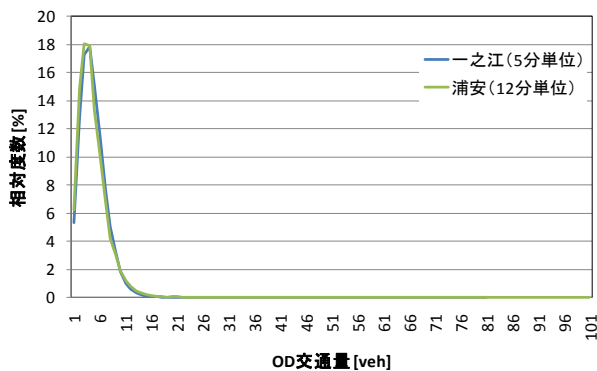


図-7. OD②(一之江)を基準としてOD③(浦安)の観測時間を集約した場合のOD交通量の分布形

5. おわりに

本稿では、首都高速道路における3ODペアのみを対象とした解析ではあるものの、ETC-ODデータから集計したOD交通量の分布特性に関する分析を行った。

OD交通量の分布特性を把握するための基礎分析として、ポアソン分布、正規分布、負の二項分布に従うと仮定して推計した期待度数分布と5分間OD交通量の観測度数分布を比較することにより、OD交通量がどの分布形に従うかを確認した。その結果、分析対象としたいずれのODペアにおいても負の二項分布に従う傾向にあることが明らかとなった。

また、平均5分間OD交通量が比較的低いODペアに着目し、OD交通量の観測時間を5分以上に集約することにより変化した分布形が、平均5分間OD交通量が高いODペアの分布形に対して一致するかどうかを確認した。その結果、平均OD交通量が高いODペアの集約時間単位を、低いODペアと平均値が概ね一致する時間単位まで集約することにより、両者の分布形が概ね一致することが明らかになった。これは、道路ネットワーク上に存在している多くの平均OD交通量が高いODペアについても、観測時間を

集約することにより、OD交通量を確定値として扱うのではなく、その変動幅を考慮可能な確率変数として扱うことの可能性を示唆している。

今後の課題としては、1) OD交通量が負の二項分布に適合しているかどうかのより詳細な検討、2) 異なる入口を持つODペア同士の分布形の比較、3) 今回の分析対象よりも平均OD交通量が高いODペアを対象とした分析、4) 観測時間の集約によって変化した分布形と基準としたODペアの分布形との類似度に関する評価について分析を行う必要がある。

謝辞

本分析を遂行するにあたって、神戸大学の井料隆雅助教、京都大学の塩見康博助教には多くの有益なコメントをいただきました。また、本研究は、首都高速道路(株)が推進する「新しいリアルタイムネットワークシミュレーション研究WG」での検討の一環として実施されたものです。この場を借りて謝意を表します。

参考文献

- 1) 倉内文孝, 金進英, 宇野伸宏, 石橋照久: ETC統計データによる時間帯別ランプ間OD交通量推定, 第28回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 205-208, 2008
- 2) 飯田恭敬, 高山純一: 高速道路における交通量変動特性の統計分析, 高速道路と自動車, Vol. 24, No. 12, pp. 22-32, 1981
- 3) 井料隆雅, 岩谷愛理, 朝倉康夫: 都市高速道路における時間帯別流入交通量の週変動分析, 交通工学研究発表会論文集, Vol. 27, pp. 173-176, 2007
- 4) 稲田裕介, 中山晶一郎, 高山純一: 阪神高速道路の時間交通量の分布形に影響を及ぼす要因に関する分析, 第40回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2009
- 5) 田中芳和, 村上康紀, 井上浩, 桑原雅夫, 赤羽弘和, 小根山裕之: 首都高速道路におけるOD交通量の日変動に関する研究, 交通工学, Vol. 36, No. 1, pp. 49-58, 2001
- 6) 横田孝義, 玉川大, 谷口栄一, 河本一郎: 阪神高速道路の大型車交通のランプ間ODの空間, 時間的性質に関する研究, 第40回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2009
- 7) 西内裕晶: ETC-ODデータを用いた都市内高速道路のOD交通量変動特性とその予測に関する研究, 東京大学博士論文, 2009
- 8) Guenther, R. P., and K. C. Sinha: Estimation of Bus Dwell Times with Automatic Passenger Counter information, Transportation Research Record 1841, pp. 120-127, 1983
- 9) 徳永幸之, 王紹鵬: 車載トラフィックレコーダーデータによるバス乗降および運行特性分析, 第25回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 273-276, 2005