

首都高速道路におけるランプ間OD交通量の独立性*

Independency of OD Traffic Volume on Tokyo Metropolitan Expressway*

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

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

1. はじめに

OD(Origin-Destination)交通量は、交通計画や交通施策を検討する際にもっとも基礎的な情報である。例えば、首都高速道路では動的な交通運用・制御を目指してリアルタイムシミュレーションの開発¹⁾が行われており、その精度を高めるために重要な入力情報となる OD交通量の変動特性を把握することが必要である。しかしながら、そのデータの取得が難しく、OD交通量の変動特性に関する研究は少ない。一方で、ETCサービスが高速道路の料金支払いの新たな手段として開始され、その後の利用率増加に伴い、高速道路内のみではあるものの、ランプ間のOD交通量データを取得し、それを統計的に解析することが可能となった。ここで西内ら²⁾は、首都高速道路のETCデータより30分ランプ間OD交通量データを用いて、首都高速道路4号新宿線上り方向を起点とするOD交通量の時間的・空間的な相関性について分析し、出口の路線が同一なODペア同士において高い相関性があることなどを確認している。また秋元ら³⁾は、首都高速道路におけるETC利用者のランプ選択行動分析を行い、高頻度利用者は、首都高速道路内の交通状況の変化と共に、普段利用する入口とは異なる隣接する入口を利用している可能性を示している。このような利用者の高速道路利用特性は、ある時間単位で集計された交通量データにも効果を及ぼす可能性がある。例えば通勤などで、いつも同一の入口・時間帯に利用している利用者が多く存在すれば、ある短い時間単位で集計されたOD交通量データを長い時間単位に集計し直すことで、OD交通量データの変動は小さくなるはずである。一方で、OD交通量が独立に発生しているのであれば、その変動は集計時間単

位の増加とともに増加するはずである。しかしながら、前述の通り、これまでOD交通量データを用いたOD交通量の変動特性に関する研究は少ないのが実情であり、実際に交通量が独立に発生しているかどうかなどの解析はなされていないのが現状である。

そこで本研究では、首都高速道路のETC-ODデータを用いて、ランプ間OD交通量データ(以下、OD交通量)が独立に発生しているかどうかを分析する。また、OD交通量の水準が日によってどの程度異なるのかを分析し、OD交通量の変動特性について考察を行う。

2. ETC-ODデータと分析対象路線

(1) ETC-ODデータ

本研究に用いたETC-ODデータは、首都高速道路のETC利用者のランプ間トリップデータを5分間と1時間に集計したものである。データ取得期間は2006年6月26日～2007年3月23日の間で欠損日を除く平日169日間である。分析の対象とした時間帯は午前7時から午後7時までの12時間とした。

(2) 分析対象ODペア

本研究では、図-1に示す首都高速道路の東京料金圏内の5路線(3号渋谷線、4号新宿線、7号小松川線、湾岸線、都心環状線)を対象に分析を行う。分析対象ODペアは、データ取得期間(169日)で全時間帯にて交通量が1以上発生した870ODペアである。

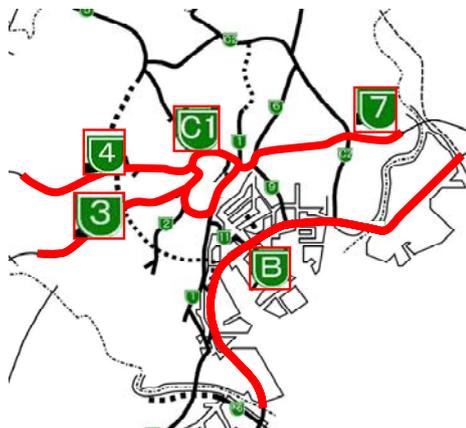


図-1. 分析対象路線

*キーワード: ETC-ODデータ、OD交通量、交通管理

** 正会員、工修、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7-24-1 744教室、TEL& FAX 047-469-5219、E-mail nishiuchi.hiroaki@nihon-u.ac.jp)

*** 正会員、工博、京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻

**** 正会員、Ph. D、東京大学生産技術研究所

***** 非会員、Ph. D、東京大学生産技術研究所

***** 正会員、工博、首都高速道路株式会社

3. 異なる時間単位で集計されたOD交通量データの変動特性比較

(1) 本分析の考え方

ここでは、OD 交通量データの独立性をどのように検証するかを説明する。ここで、ある1時間内の5分間OD 交通量データは独立であると仮定し、次のような平均(μ, μ')と標準偏差(σ, σ')に従う5分間OD 交通量データと1時間OD 交通量データがあるとすると、

5分間OD交通量データ

$$\text{データ群1} : \frac{Q}{12} (\mu, \sigma)$$

$$\text{データ群2} : \frac{Q'}{12} (\mu', \sigma')$$

$$\text{データ数} : 12n$$

1時間OD 交通量データ

$$\text{データ群1} : Q (12\mu, \sqrt{12}\sigma)$$

$$\text{データ群2} : Q' (12\mu', \sqrt{12}\sigma')$$

$$\text{データ数} : n$$

このOD 交通量データを用いて、異なる集計時間帯別のデータそれぞれについて、OD 交通量の平均値の差の検定を行うと、その統計検定量 ($Z_{5\min}, Z_{1hour}$) は次のように計算される。

$$Z_{5\min} = \frac{(\mu' - \mu)}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{12n} + \frac{\sigma'^2}{12n}}} = \frac{\sqrt{12}(\mu' - \mu)}{\sqrt{\frac{\sigma^2 - \sigma'^2}{n}}} \quad (1)$$

$$Z_{1hour} = \frac{(12\mu' - 12\mu)}{\sqrt{12\frac{\sigma^2}{n} + 12\frac{\sigma'^2}{n}}} = \frac{12(\mu' - \mu)}{\sqrt{12}\sqrt{\frac{\sigma^2 - \sigma'^2}{n}}} = \frac{\sqrt{12}(\mu' - \mu)}{\sqrt{\frac{\sigma^2 - \sigma'^2}{n}}} \quad (2)$$

式(1)、式(2)より、ある1時間内の各5分間OD 交通量が独立であると仮定すると、OD 交通量データの集計時間単位を変更しても、平均値の差の検定を実施した場合、二つの統計量が同じ値になることが分かる。

この特徴を利用して本研究では、ある1時間内で得られる5分間OD交通量データ12個が統計的に独立であるかどうかを検証する。まず、式(3)に示すような標準偏差の比 r を定義する。もし r が1であれば1時間内の12個の5分間OD 交通量データは独立であると言える。次に、1時間OD 交通量データの標準偏差と5分間OD 交通量データの標準偏差の関係も併せて確認する。

$$r_{ij,T} = \frac{\sigma_{ij,T}^{1hour}}{\sqrt{12} \cdot \sigma_{ij,T}^{5\min}} \quad (3)$$

ここで、

$r_{ij,T}$: ODペア ij の時間帯 T における5分間OD交通量と1時間OD交通量の標準偏差の比

$\sigma_{ij,T}^{1hour}$: ODペア ij の時間帯 T における1時間OD交通量の標準偏差

$\sigma_{ij,T}^{5\min}$: ODペア ij の時間帯 T における5分間OD交通量の標準偏差

(2) 異なる集計方法のOD交通量データの標準偏差比較

ここでは前節で定義した標準偏差の比 r が実際にどのように分布しているのかを確認する。図-2より、全時間帯において、約70%のODペアの r は1.2以下であり、多くの5分間OD交通量は統計的に独立に近い形で発生していることが分かった。一方で、10%強のODペアは r が1.5以上に分布していることが分かった。

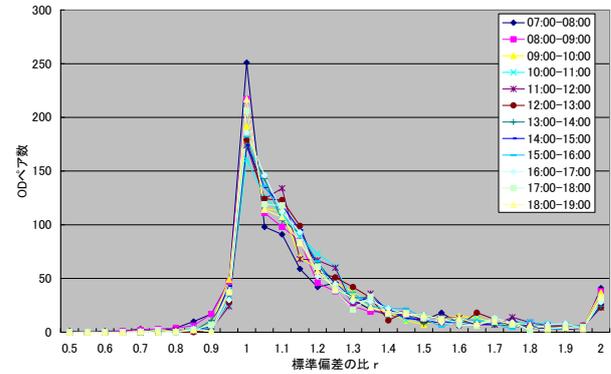
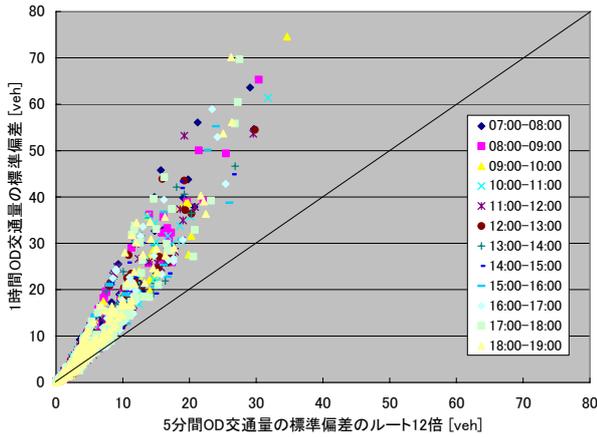


図-2. 標準偏差の比 r の時間帯別頻度分布

次に、1時間OD 交通量の標準偏差とその1時間内の5分間OD 交通量の標準偏差をルート12倍した値との相関関係を見る。図-3には、両者を比較した散布図を示す。図中の45度線にデータがプロットされると、1時間内の5分間OD 交通量は独立であると言える。図-3より、全時間帯について、5分間OD 交通量データの標準偏差が大きくなればなるほど、1時間OD 交通量データの標準偏差は、図中の45度線よりも左側に位置づけられる。この傾向は、ある日のある時間帯のデータの標準偏差が大きいことを示しており、ある時間帯のOD 交通量レベルは日によって大きく異なる水準で推移している可能性があることが分かった。そこで次章では、日によってOD 交通量の水準が異なっているかどうかを確認し、実際にどのようなODペアにおいて日によってOD 交通量の変動が大きいのか、もしくは小さいのかを分析する。



図一 3. 1時間OD交通量と5分間OD交通量の標準偏差比較

4. OD交通量データの日変動特性分析

ここでは、前章の分析で明らかになったOD交通量の日変動特性について、分散分析で使用する級内分散と級間分散を計算・比較することにより、詳細に確認する。具体的には、分散分析で用いられる級間分散をOD交通量の日間変動効果とし、級内分散をOD交通量の時間内変動効果として計算し、ある日のある1時間内の変動に対する日変動の効果を分析するものである。また本研究では、その変動特性をODペアの入口・出口の立地条件による分類を試みる。

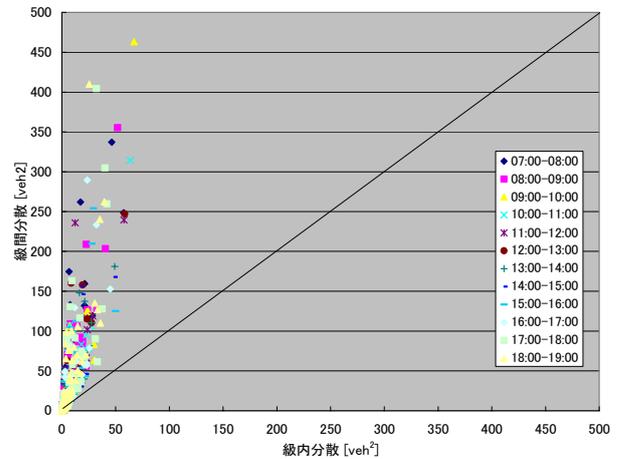
(1) 級間分散と級内分散の関係

図一 4には、OD交通量のある時間内の変動効果(級内分散)と日による違いの効果(級間分散)の関係を示す。図一 4より、全時間帯で級内分散の値に対して、級間分散の値が非常に高い水準で位置していることが分かる。ここで、図一 5に分散比(=級間分散 / 級内分散)の時間帯別頻度分布を示す。図一 5より、全時間帯において90%以上のODペアについて、分散比は1より大きくなっていることが分かった。これらの結果より、OD交通量の変動は、ある1時間内の5分間交通量データのばらつきの効果よりも、日による違いによってそのOD交通量の水準の変動が大きいことが示された。

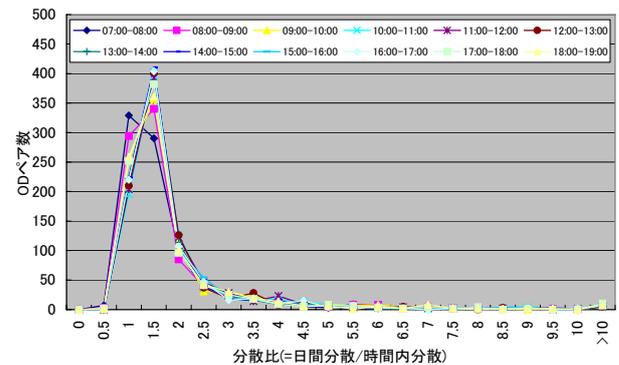
そこで、実際にどのランプ間ODペアにおいて日の違いによる変動が大きいのか、もしくは小さいかを確認した。変動が大きいODペアの抽出には、全時間帯において変動比が常に上位10%であったODペアを抽出した。一方で変動比が小さいODペアの抽出については、その数が少ないため、本研究の分析対象である12時間帯中6時間帯で変動比が小さいODペアを抽出した。

その結果、首都高以外の他社線高速道路から都心環状線に向かうODペア、もしくはその逆方向のODペアの

OD交通量の変動が大きいことが明らかになった。また、分散比が小さいODペアを抽出すると、変動比が大きいODペアの入口・出口の立地条件とは異なり、首都高速道路内へ入口・出口が存在する内々トリップが多く抽出された(表一 2参照)。



図一 4. 級間分散と級内分散の関係



図一 5. 時間帯別分散比の頻度分布

(2) OD交通量変動特性によるODペア分類

ここでは、本章において解析してきたOD交通量の級間分散と級内分散の関係をj用いてODペアの分類を試みる。具体的には、級内・級間分散の値を平日5分間平均OD交通量で標準化した値の関係をj用いて、それらを当該ODペアの入口・出口の高速道路内設置位置により分類するものである。分類対象としたODペアは、平日5分間平均OD交通量が1.0[veh/5min]以上の117ODペアとし、ODペア分類のための入口・出口立地条件は以下の7通りである。

<入口・出口の立地条件の分類>

- a) 首都高速道路内 → 首都高速道路内
- b) 首都高速道路内(流入本線料金所と同じ路線の入口) → 首都高速道路外
- c) 首都高速道路内(流出本線料金所と異なる路線の入口) → 首都高速道路外
- d) 首都高速道路外 → 首都高速道路内(流入本線料金所と同じ路線の出口)

e) 首都高速道路外

→ 首都高速道路内(流入本線料金所と異なる路線の出口)

f) 首都高速道路外 → 首都高速道路外

g) 大井本線料金所 → 首都高速道路内外

表-2 変動比が全時間帯において高いODペアと半分以上の時間帯(6時間帯)において低いODペア

全時間帯で変動比が高いODペア		6時間帯以上で変動比が低いODペア	
入口	出口	入口	出口
用賀本線	汐留 内回	神田橋 内回	渋谷
用賀本線	銀座 内回	江戸橋 内回	高樹町
用賀本線	京橋 内回	浦安	永福
用賀本線	新富町 内外回	永福本線	高井戸本線
用賀本線	芝公園 内回	江戸橋 内回	永福
永福本線	永福	呉服橋 内回	渋谷
永福本線	新富町 内外回	呉服橋 内回	浦安
永福本線	芝公園 内回	渋谷	小松川
永福本線	霞が関 内回	三軒茶屋	新木場
銀座 外回	用賀本線	霞が関 外回	浦安
銀座 内回	一之江本線	霞が関 内回	一之江
京橋 外回	用賀	江戸橋 内回	渋谷
京橋 外回	用賀本線	江戸橋 内回	三軒茶屋
宝町 内回	市川本線	新木場	用賀
芝公園 外回	用賀	新木場	幡ヶ谷
芝公園 外回	用賀本線	葛西	錦糸町
芝公園 外回	高井戸	舞浜	幡ヶ谷
芝公園 外回	高井戸本線	舞浜	北の丸
芝公園 内回	葛西	舞浜	錦糸町
芝公園 内回	市川本線		
大井本線	汐留 内回		
大井本線	銀座 内回		
大井本線	京橋 内回		
大井本線	芝公園 外回		
大井本線	葛西		
市川本線	汐留 内回		
市川本線	宝町 外回		
市川本線	芝公園 外回		
市川本線	有明		
市川本線	新木場		
市川本線	浦安		
錦糸町本線	宝町 外回		
錦糸町本線	芝公園 外回		
錦糸町	一之江本線		

分類した結果を図-6に示す。d) 首都高速道路外 → 首都高速道路内(流入本線料金所と同じ路線上)のODペアに関しては、他のODグループに対して級内分散と級間分散共に大きな値となっており、その変動が大きいことが分かる。この理由としては、首都高速道路外から首都高速道路内に流入する際に首都高速道路内の交通状況により、利用者の首都高速道路を利用するか否かの選択行動結果が他のODペアに対して多く影響していることが考えられる。よって、d) 首都高速道路外 → 首都高速道路内(流入本線料金所と同じ路線上)のOD交通量は時間内変動と日間変動が大きい結果となった。一方で、f) 首都高速道路外 → 首都高速道路外の通過交通ODペアに関しては、級内・級間分散のばらつきが他のODペアグループに対して比較的小さいことが分かった。その他のODペアに関しては、級間分散に大きくばらつきがあるものの、級内分散に関してはそのばらつきが比較的小さく、当日のOD交通量レベルが決まることにより、大まかなOD交通量の推移レベルの見当が付くことが推察できる。

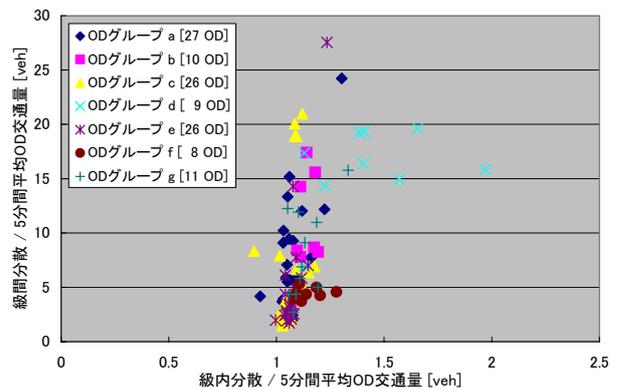


図-6. 入口・出口設置位置によるODペアの分類

5. おわりに

本研究では、ある1時間内の5分間OD交通量データが統計的に独立に発生しているかどうかを分析し、それは一部を除いて独立とは言えず、ある日のある時間帯のOD交通量の水準は日によって大きく異なっていることを明らかにした。また、本研究で明らかになったOD交通量の変動特性とODペアの入口・出口の立地条件を用いてODペアを分類した。これにより、ODペアの入口・出口の立地条件によりOD交通量の変動特性に違いがあることを示し、特に、首都高速道路外から流入しその直後の出口で流出するODペアについては、日による変動、ある時間内の変動がともに大きいことが分かった。これらの結果は、OD交通量をリアルタイムで予測する際に、どのODペアに対して当日の交通量レベルの情報が必要であるかを示す基礎的な資料となる。

今後は、本分析の考え方を空間的なOD交通量の変動・相関性に対して拡張するなど、さらに詳細なOD交通量データの独立性に関して考察することが必要である。

謝辞

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ある。実施に当たり首都高速道路(株)には貴重なデータを提供やその他多大なるご協力をいただいた。この場を借りて謝意を表します。

参考文献

- 1) 白石智良, 桑原雅夫, 堀口良太: リアルタイム予測交通流シミュレーションシステムの開発・第30回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2004.11
- 2) 西内裕晶, Agachai SUMALEE, Marc MISKA, 割田博, 桑原雅夫: 首都高速道路におけるランプ間OD交通量の時間的・空間的相関性分析・第38回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2008.11
- 3) 秋元健吾, 小根山裕之, 西内裕晶, 割田博: ETC データを用いた首都高速道路における入口選択行動の分析, 第27回交通工学研究発表会論文報告集, pp.193-196, 2007.10