

# 年間を通じた時間交通需要変動の再現手法の構築\*

## Reproducing Hourly Traffic Demand Fluctuation through a Year\*

渡辺 将光\*\*, 中村 英樹\*\*\*, 内海 泰輔\*\*\*\*

By Masamitsu WATANABE\*\*, Hideki NAKAMURA\*\*\* and Taisuke UTSUMI\*\*\*\*

### 1. はじめに

筆者ら<sup>1)</sup>は図1に示すようなフローに基づく、性能照査型の道路計画・設計手法を提案し、その開発を行なっている。計画・設計道路の性能を評価するためには、洪ら<sup>2)</sup>、稲野ら<sup>3)</sup>のように各種条件・道路構造別に道路の性能値(性能曲線)を明確にする(図1, B)とともに、交通量(需要)の変動特性を正確に把握すること(図1 A)が重要である。従来の道路計画・設計手法<sup>4)</sup>では、特定のピーク時間(K 値: 30 番目時間交通量/AADT\*100)に着目することで、この交通量の変動特性を評価している。しかし、実際の交通状況を見ると、渋滞時のようにその時点だけではなくそれ以前の交通状況が交通量に強く影響している場合が存在する。つまり、道路性能を評価するには、従来のような特定のピーク時間といった一時点のみではなく、時系列的に交通量/交通状況を再現しそれを評価に反映すべきであると考えられる。

英国の道路構造決定の際に用いられているCOBA(COst Benefit Analysis)<sup>5), 6)</sup>では、年間を通じた道路の性能評価を行なっている。この手法では、観測された時間交通量を時間交通量順位図に並び替え、いくつかの交通量グループに分け、各グループの交通量の該当時間に対する便益によって道路の性能を評価している。しかし、この手法では、渋滞によって発生する超過需要(=交通需要 - 交通容量)や時系列的な交通量変動が交通流に及ぼす影響を考慮することができない。一方でBrilonら<sup>7)</sup>は、観測された交通量を時系列的に用いることで、交通需要と交通容量の年間変動を対比させ、年間を通じた道路の性能評価手法を構築している。この手法は、現実的な交通需要とその変動を道路の計画・設計に反映できるという利点がある。

以上をふまえて、本研究では、道路の性能評価を行なうために必要となる年間を通じた連続的な時間交通需要変動を、時系列的に推定・再現する手法を構築することを目的とする。

### 2. 年間を通じた時間交通需要変動の推定/再現手法

#### (1) 超過需要の考慮

本研究では、自専道(旧日本道路公団管理)に設置されている車両感知器の2004年1年間の観測データを用いて、年間を通じた連続的な交通需要の変動を分析し、再

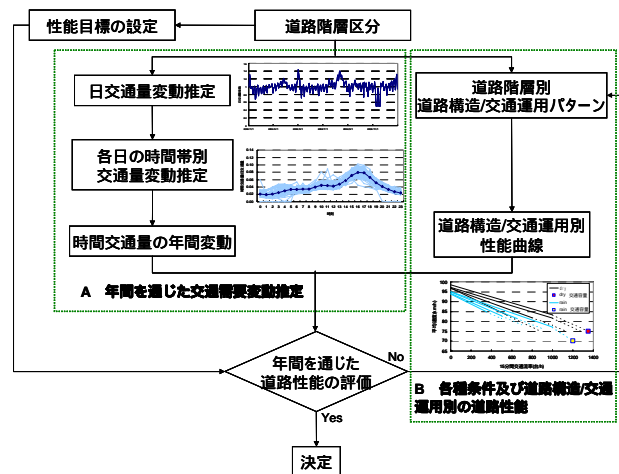


図1 性能照査型道路計画・設計手法の概略フロー  
再現する。しかし、これらのデータを利用する際には、渋滞時に超過需要が観測されないことに十分注意しなければならない。特に本研究のように連続的な交通需要の変動を再現する場合には、この超過需要をどのように考慮するかが重要なポイントとなる。超過需要の推定手法としては、観測データからボトルネック箇所を特定し、渋滞時の待ち行列長や遅れ時間から推定するものもある<sup>8)</sup>が、地方部の自専道のような車両感知器の設置間隔が疎らな場合には、ボトルネック箇所の特定自体が難しく、超過需要を推定することは極めて困難である。

そこで、本研究では以下に示すような仮定に基づき、超過需要を考慮した時間交通需要変動の再現を試みる。なお、観測データより交通量-速度図を作成したところ、都市間自専道においては地点平均速度60km/h付近が臨界速度となることが明らかになったため、ここではこの臨界速度(60km/h)未満の場合を“渋滞が発生している”、すなわち“超過需要が存在する”と判定することとする。

#### 仮定1: 観測された日交通量は日交通需要に相当する。

超過需要は一時的(数時間程度)に生じるものであり、数日間にわたって継続することは考えにくい。そこで、日単位で観測された交通量は、その日の交通需要に相当すると考える。

#### 仮定2: 超過需要が存在する日における本来の時間別交通量(需要)係数の変動は、超過需要が存在しない日のそれとほぼ同じである。

図2は、中央道上り41kp付近(小仏トンネル付近)における日祝日の時間別交通量係数(=時間別交通量/日交通量)を、超過需要が存在しない日[超過需要なし]と存在する日[超過需要あり\_補正前]に分けて集計し、その中央値を示したものである。また、中央道は車両感知器が

\* キーワーズ: 交通量変動, 道路計画・設計, 性能照査  
\*\* 学生会員 学工) 名古屋大学大学院 工学研究科社会基盤工学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町, E-mail: mwata@geny.nagoya-u.ac.jp)  
\*\*\* 正会員 工博 名古屋大学大学院 助教授 工学研究科社会基盤工学専攻  
\*\*\*\* 正会員 修工) 名古屋大学大学院 研究員 工学研究科社会基盤工学専攻

比較的密に設置されており、渋滞時の待ち行列長から超過需要を推定することができる。そこで、超過需要が存在する日については、超過需要を考慮した時間別交通量係数、すなわち、本来の時間別交通量(需要)係数[超過需要あり\_補正後]も推定し、その中央値を図2に示す。

[超過需要なし]と[超過需要あり\_補正前]を比較すると、[超過需要なし]のピークが1, 2時間程度(15~16時)と短いのにに対し、[超過需要あり\_補正前]では5~6時間(14~19時)と長時間にわたっている。また、形状自体も大きく異なる。一方、[超過需要あり\_補正後]をみると、[超過需要あり\_補正前]よりも[超過需要なし]の形状に類似していることがわかる。このことから、超過需要が存在する日/存在しない日ともに、本来は時間別交通量(需要)係数がほぼ同じであり、超過需要が存在する日に観測される時間別交通量係数は、超過需要分がピーク時間帯以降にズレ込んでいるものと推測できる。

以上より、本研究では、まず年間での日単位の交通需要変動を再現し[(2)-a)]、その後で各日の交通需要を超過需要が存在しない日の時間別交通量係数に応じて時間別交通需要に配分する[(2)-b)]、といった段階的な推計手法により、超過需要を考慮した年間の時間交通需要変動の再現を試みる。

## (2) 年間の時間交通需要変動の再現手法

### a) 日交通需要変動の推定方法

日交通量(=日交通需要)変動に影響を及ぼす主な要因として、月(季節)、曜日、天候が挙げられる。そこで、数量化理論 類によりこれら要因の影響の程度を分析する。また、この結果より日交通需要変動の推定を行う。なお、ここでは地点間の傾向の違いを比較し易くするため、日交通量係数(=日交通量/AADT)を外的基準とする。

### b) 時間別交通需要変動の設定方法

(1)で述べたように、時間別交通需要係数は、超過需要が存在しない日のデータを対象に推定する。まず地点平均速度データを用いて超過需要が存在しない日を抽出し、次に曜日ごとの時間別交通量係数の形状を確認する。もし、曜日間で形状が類似するようならば、それらを同一パターンとして取り扱う。そして、各パターンの中央値を算出し、これを曜日別の時間別交通需要係数として用いる。

### c) 年間の交通需要変動の再現方法

a), b)により推定した日交通需要変動、時間別交通需要変動の結果に、各地点のAADTを乗ずることによって年間を通じた時間交通需要変動を再現する。

## 3. ケーススタディによる検証結果

ここでは2の手法を用いて、大都市間を結ぶ主要幹線道路としての役割を持つ東名高速(岡崎 - 豊田, 2004年)と、伊勢・志摩などの観光地と都市部とを連絡し、主に観

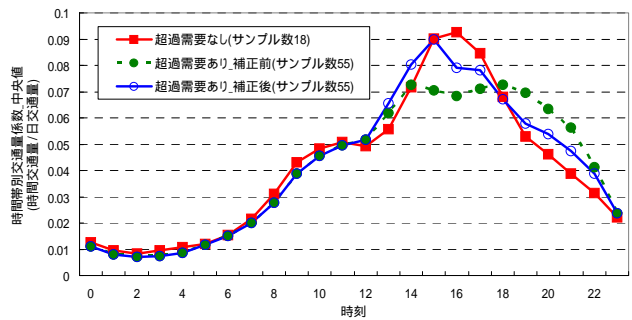


図2 時間別交通量係数(中央道上路り41km付近)

2004.1.1~12.31の日祝日データを使用

当該地点は、休日午後に行楽が滞りの交通が集中し、交通渋滞が多発する地点である

光系道路として機能している伊勢道(松坂 - 勢和多気, 2004年)の2地点を対象に、年間を通じた時間交通需要変動の再現を行った。その結果を以下に示す。

### (1) 日交通需要変動の再現結果

#### a) 日交通需要変動に影響を及ぼす要因の分析

数量化理論 類の推定結果を表1に示す。東名高速よりも伊勢道の方が全体的に各要因のレンジが大きく、日交通需要の変動が大きいことがわかる。つまり、日交通需要に影響を及ぼす各要因の程度は、道路の利用特性によって異なるといえる。また、両地点とも降水量が多いカテゴリーほどスコアが小さくなっており、降水量が多くなるにつれ日交通需要が減少することがわかる。

観光系道路の特徴をもつ伊勢道を見ると、曜日のレンジが1.082と極めて大きい。特に特異日と連休はスコアがそれぞれ0.906, 0.571と大きく、休日に交通需要が大幅に増加するという観光系道路の特徴が現れている。また月をみると、7月, 8月のスコアが大きい。これは夏休みやお盆に伴う観光交通の増加によるものと想像できる。

一方、都市間の主要幹線道路の役割を担う東名高速は、各要因のレンジが極めて小さく、日交通需要の変動が小さいことがわかる。また、各要因の中で最もスコアが大きいカテゴリーをみると、特異日と8月となっている。これは伊勢道と同じく、夏休みやお盆に伴う観光や帰省交通の増加によるものと考えられる。

#### b) 日交通需要変動の再現結果

数量化理論 類によって得られた推定結果をみると、両地点とも重相関係数が0.85程度であり、推定精度が高いことがわかる。しかし、実際の日交通需要には定式化できない不規則な変動があると考えられ、この推定結果だけではこの不規則な変動を再現することはできない。そこで、観測値と数量化理論 類から得られた推定値との残差(以下残差Aと呼ぶ)を誤差項として確率的に不規則な変動を表現することで、より実際の日交通需要変動に近い形で再現を試みた。まず、残差Aを正規分布と仮定し検定を行なったが、有意な結果を得ることができなかった。これは、残差Aに推定による誤差のほか、今回用いた説明要因以外の何らかの要因が含まれているた

表1 数量化理論 類の推定結果(左：東名高速, 右：伊勢道)

要因	カテゴリー	スコア	レンジ (偏相関係数)				
曜日	日・祝	-0.121					
	月	-0.057					
	火	-0.003					
	水	0.002					
	木	0.017					
	金	0.072					
	土	-0.021					
	連休	0.013					
特異日	0.225						
月	1月	-0.094					
	2月	-0.048					
	3月	0.045					
	4月	-0.013					
	5月	-0.038					
	6月	-0.038					
	7月	0.016					
	8月	0.104					
	9月	0.004					
	10月	0.009					
	11月	0.025					
	12月	0.030					
降水量	0(mm/日)	0.011					
	1-30(mm/日)	-0.017					
	31-90(mm/日)	-0.053					
	>90(mm/日)	-0.231					
	レンジ (偏相関係数)	0.346 (0.785)					
定数項: 1.013, 重相関係数: 0.85							

連休: 日祝が2日以上続く場合, 特異日: 12/29~1/4, 4/29~5/5, 8/10~8/16

要因	カテゴリー	スコア	レンジ (偏相関係数)				
曜日	日・祝	0.166					
	月	-0.145					
	火	-0.176					
	水	-0.164					
	木	-0.145					
	金	-0.070					
	土	0.175					
	連休	0.571					
特異日	0.906						
月	1月	-0.070					
	2月	-0.094					
	3月	0.026					
	4月	-0.053					
	5月	-0.044					
	6月	-0.074					
	7月	0.058					
	8月	0.326					
	9月	-0.019					
	10月	-0.022					
	11月	-0.006					
	12月	-0.039					
降水量	0(mm/日)	0.045					
	1-30(mm/日)	-0.056					
	31-90(mm/日)	-0.159					
	>90(mm/日)	-0.351					
	レンジ (偏相関係数)	1.082 (0.834)					
定数項: 1.000, 重相関係数: 0.86							

めと考えられる。そこで、残差Aの形状をワイブル分布と仮定し、この分布に乱数を発生させることによって、確率的に得られる値を推定値に計上することで、不規則な変動を表現することとした。

ワイブル分布により不規則変動を再現した推定値と観測値との残差を残差Bとする。各推定方法による残差の程度をMARE(Mean Absolute Relative Error: 残差の絶対値/観測値)により比較した結果を表2に示す。これを見ると、残差Aよりも残差Bの方がMAREの値が大きくなっており、不規則変動を確率的に再現することで推定精度が低下する結果となった。しかし、不規則変動を考慮することは、より現実的な交通需要変動を再現する上で必要であると考え、本研究では交通需要の不規則な変動部分をワイブル分布によって確率的に与えることにした。

(2) 時間帯別交通需要変動の設定結果

両地点における時間帯別交通需要係数の設定結果を図3, 図4にそれぞれ示す。各曜日の形状を確認した結果、各地点の時間帯別交通需要係数の曜日パターンを次のように設定した。まず、東名高速は、通勤交通による朝と夕方へのピークが存在し、かつ夜間の物流交通も多い平日(T-a)、平日とほぼ同形だが、朝ピークの割合が少し高い土曜日(T-b)、及び夕方へのピークの割合が高い日・祝・連休・特異日(T-c)の3つのパターンに設定した。一方、伊勢道は、通勤交通による朝と夕方へのピークを持つ平日(I-a)、観光交通のため午前中の遅い時間にピークを持つ土曜日(I-b)、午前中の遅い時間と夕方に特に高い割合のピークを持つ日・祝・連休(I-c)、及び特定のピーク時間を

表2 MAREの比較

	残差A	残差B
東名高速	0.044	0.070
伊勢道	0.097	0.143

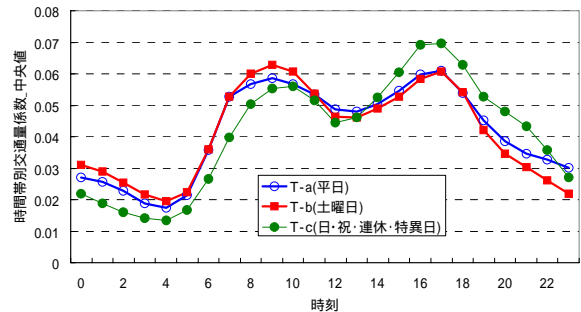


図3 時間帯別交通需要係数の設定結果(東名)

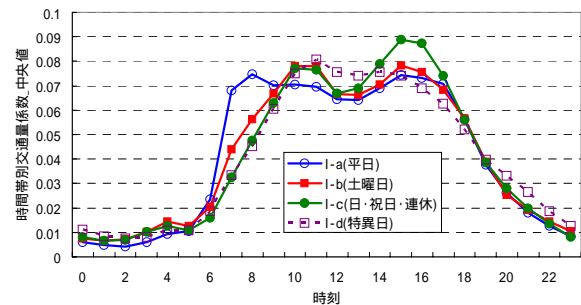


図4 時間帯別交通需要係数の設定結果(伊勢)

持たない特異日(I-d)の4つのパターンとした。

(3) 年間の交通需要変動の再現

(1), (2)の結果から、年間を通じた時間交通需要変動を



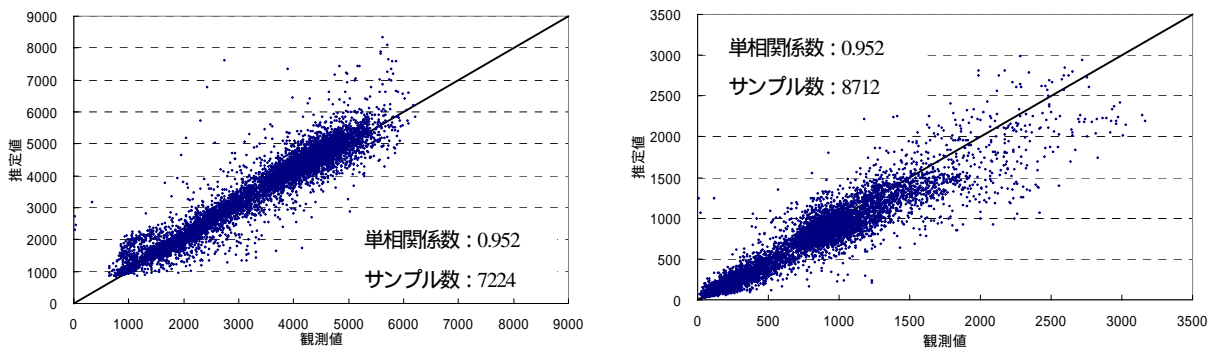


図5 時間交通量の観測値と推定値の比較(左:東名高速,右:伊勢道)

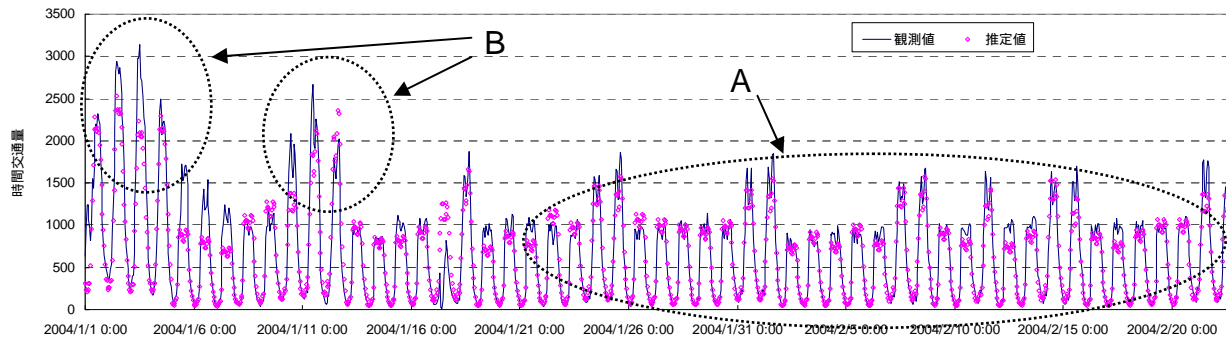


図6 年間を通じた時間交通量(需要)変動の推定結果(伊勢道)

再現した。図5は両地点の時間交通量の観測値と推定値の比較をしたものである。なお本研究では、超過需要を考慮して交通需要変動を再現しているため、超過需要が存在する場合は観測値と推定値は一致しない。このため超過需要が存在する日のサンプルを除いてグラフを作成した。図5に示すとおり、両地点とも単相関係数が0.95を超えており、かなりの精度が確保されていることがわかる。

次に交通需要変動の時系列的な再現状況を確認する。図6は、伊勢道における年間の時間交通量(需要)の観測値と推定値の結果の一部分を示したものである。これより、1月下旬から2月までの期間(A)ではかなりの精度が確保されていることがわかる。一方、1月上旬(B)、特に特異日や連休時には、観測値と推定値との間に大きな差がみられる。これは、伊勢・志摩地域の主要な観光地である伊勢神宮への初詣客によりこの期間だけ特別に交通需要が増加するといった伊勢道独自の地域特性が、今回のような一般的な説明要因では、十分に説明しきれないためと考えられる。今後は、推定の中に各地域の特性などを考慮していくとともに、様々な地域特性を持つ地点で同様の推定を行ない、地域特性による変動パターンの傾向を分析していくことが必要である。

#### 4. おわりに

本研究では、年間を通じた道路の性能評価を行なうため、道路特性に応じた交通需要の変動を日単位と時間単位の2段階に分けて時系列的に推定することで、曜日、月(季節)、天候などの要因や超過需要を考慮した年間の時間交通需要変動を再現することができた。

今後は、これらの交通需要変動を道路の利用特性(道路区分)ごとに一般化することで、より汎用性のあるものにすることが課題である。また、リバーシブルレーンや動的な路肩運用といった交通運用を導入した際の性能についても評価できるよう、方向別の交通需要変動の推定・配分手法を確立することも重要である。そして、最終的には再現した年間の時間交通量変動と性能曲線を用いて、各種道路/構造条件下における道路性能の評価を試みる。

なお本研究は、国土交通省「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」により実施したものである。

#### 参考文献

- 1) 中村英樹, 大口敬, 森田紳之, 桑原雅夫, 尾崎晴男: 機能に対応した道路幾何構造設計のための道路階層区分の試案, 土木計画学講演集vol.31, 2005.6.
- 2) 洪性俊, 大口敬: 高速道路における実勢速度の実態分析, 土木計画学講演集vol.31, 2005.6.
- 3) 稲野晃, 中村英樹, 内海泰輔: 往復分離2車線自専道における交通量 - 速度曲線への影響要因分析, 土木計画学講演集vol.33, 2006.6.
- 4) 日本道路協会: 道路構造令の解説と運用, 2004.2.
- 5) 中村英樹: 英国における道路横断面の決定方法, 高速道路と自動車 第36巻 第7号, 1993.7.
- 6) TRL Software: <http://www.trlsoftware.co.uk/>
- 7) Werner Brilon, Hendrik Zurlinden, and Justin Geistefeldt: Ganzjahresanalyse des Verkehrsflusses auf Autobahnen, Strassenverkehrstechnik, 11.2004
- 8) (社)交通工学研究会: 平面交差の計画と設計-事例集-, 1996

#### 謝辞

本研究を進めるに際して貴重なデータを提供していただいた、中日本高速道路株式会社中央研究所(旧・JH試験研究所), ならびに(財)日本気象協会に深謝します。