名古屋高速道路における高速転換率内生化利用者均衡配分モデルの適用検討*

Application of User Equilibrium Traffic Assignment Model Based on Stochastic Expressway Choice to Nagoya Expressway*

荒巻景介**・山田貴久**・加藤昌樹***・井上紳一***・高橋勝美***・稲原宏***

By Keisuke ARAMAKI**, Takahisa YAMADA**, Masaki KATO***, Shin-ichi INOUE***, Katsumi TAKAHASHI***, Hiroshi INAHARA***

1．はじめに

（1）名古屋高速道路の概要

名古屋高速道路は，昭和54年に最初の区間（高辻～大高間10.9km）が開通してから順次供用が進められ，現在の開通区間延長は69.2km，一日平均27万台の利用交通量がある．

名古屋高速道路のネットワークは，名古屋市の都心地域と周辺部を連結する6本の放射状道路が主体である．これらは，都心地域において延長約10.3kmの都心環状線（時計回り一方通行）と接続し，周辺部では，名古屋大都市圏の主要な環状道路である東名阪自動車道（名古屋環状2号線）と接続している．北部では，これより更に延伸して，小牧線，一宮線の2路線が名神高速道路と接続している．名古屋高速道路のこれらのネットワークのうち，東海線を除く路線はすべて開通しており，平成24年度末に予定されている東海線が開通すれば，現在計画されている81.2kmのネットワークがすべて開通することとなる（図-1）．

（2）検討の背景と目的

近年，効率的で透明性をもった道路事業を進めるために道路投資の評価がこれまでにも増して重要となっており，交通量推計手法については，客観性，透明性，論理性が強く求められている．このような動向に対応するためには，交通量推計の実務への利用者均衡配分の適用が有効である．

また，高速道路を含むネットワークを用いた交通量推計では，高速道路と一般道路との分担関係を適切に推計することが重要である．松井・藤田[1)]は，このために有効である高速転換率（高速道路を使うか使わないかの選択率）を内生化した利用者均衡配分モデルを開発している．

本稿では，名古屋高速道路において，高速転換率を内生化した利用者均衡配分モデルの適用検討を行った成果を報告する．

*キーワーズ：交通ネットワーク分析

** 非会員，名古屋高速道路公社
（名古屋市中区丸の内2-1-36，TEL:052-223-3534）
*** 正員，財団法人計量計画研究所
（東京都新宿区市谷本村町2-9，TEL:03-3268-9911）

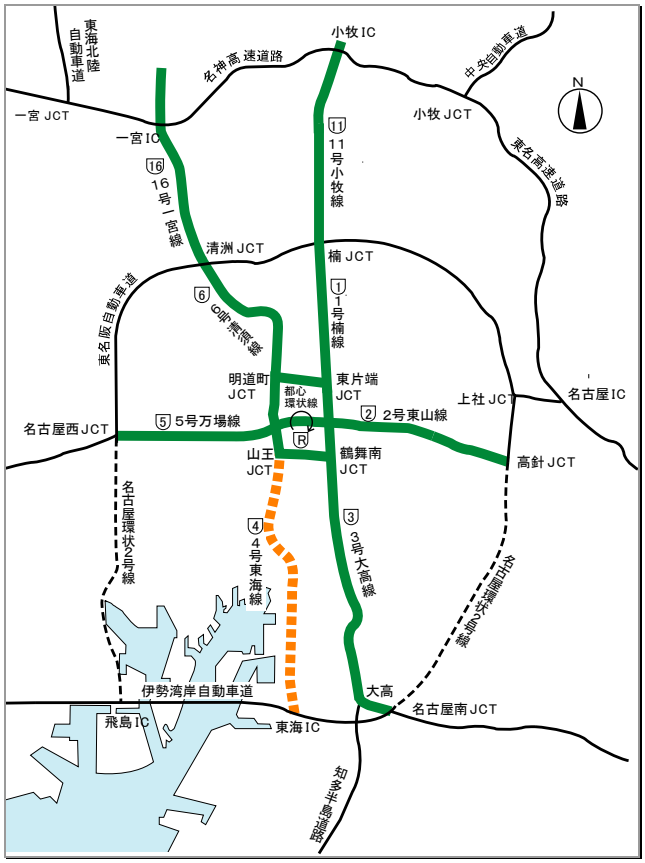


図-1　名古屋高速道路のネットワーク

2．高速転換率内生化利用者均衡配分モデル

（1）利用者均衡配分の特長

利用者均衡配分の主な特長は，次のとおり整理できる．

- 等時間原則（Wardropの第一原則）に従う厳密な手法であり，理論的で説明性が高い．
- 適切なリンクパフォーマンス関数（後述）を用いることで，精度の高い旅行時間を推計できる．
- 多様な政策評価に対応したモデル（時間帯別，車種別，統合モデル等）への拡張性（発展性）が高い．

（2）高速転換率内生化モデル

名古屋高速道路の交通量推計では，従来から高速転換率式を併用した分割配分法を適用してきた．高速転換率内生化利用者均衡配分モデルは，それと同様に転換率式を使用した利用者均衡配分モデルのことである．

高速転換率内生化モデルの主な特長は，理論面と実務面から，次のように整理できる．

・効用関数やパラメータの設定を工夫することで，道路利用者の高速道路利用特性をより細かく表現できるため，現況再現性の向上が期待できる．
・「道路利用者が各経路のコストを完全に知っていて，少しでもコストの低い経路を必ず選ぶ」という完全情報の仮定を緩和し，確率的な経路選択の考え方を取り入れており，モデルの合理性が向上する．

3．名古屋高速道路における利用者均衡配分の適用方法（インプットデータの設定）

本稿では，最新の道路交通センサスに基づく交通実態データが存在するH17時点を対象に，モデルの現況再現性の検証を通じて，利用者均衡配分の適用性を検討した．

利用者均衡配分を適用するに当たっての基本的な考え方は，次の通りとした．

・H13～H15年度に実施された中京都市圏パーソントリップ調査（以下，「中京PT」という）で利用者均衡配分モデルが構築されており，そのインプットデータをできるだけ活用．
・中京PTで年次の古いデータを活用している部分等を，新たなデータを活用して必要に応じ見直し．

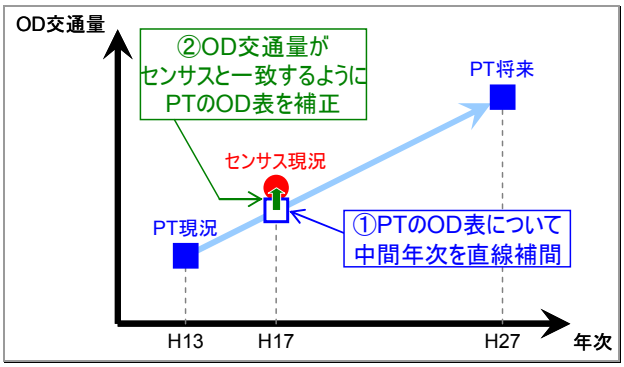
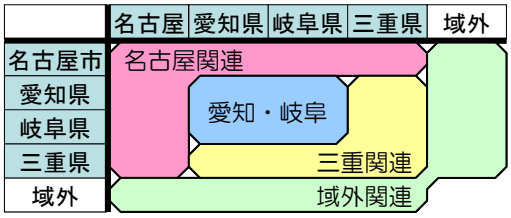


図-2　OD表の補正イメージ



※中部国際空港関連と圏域通過は別途検討（本稿では省略）．

図-3　補正の地域分類

表-1　パラメータα，βの設定

	α	β
高速道路	0.48	2.82
一般道路	0.70	2.30

（1）自動車OD表

名古屋高速道路では従来から，路線の大部分が存する名古屋市の街路計画との整合性を考慮し，名古屋市と同様に，中京PTの自動車OD表を用いて交通量推計を行っている．最新の中京PTではH13現況OD表とH27将来OD表が推計されており，名古屋高速道路では，これらを直線補間して中間年次のOD表を作成（図-2中①）し，交通量推計に適用してきた．

本稿では，これをベースに，OD表の総量がH17道路交通センサスに基づくH17現況OD表に整合するように補正（同②）した．整合させるレベルは，乗用・貨物別，地域分類別とした（図-3）．

（2）リンクパフォーマンス関数（BPR関数）

利用者均衡配分のリンクパフォーマンス関数（交通量と旅行時間との関係式）は，中京PTと同様に，BPR関数を適用した．BPR関数の式型は次の通りである．

$$t_a(x_a) = t_{a0} \cdot \left\{1 + \alpha \cdot \left(\frac{x_a}{c_a}\right)^{\beta}\right\}$$

ここに，
t_a　：リンクaの旅行時間［分］
t_{a0}　：リンクaの自由旅行時間［分］
x_a　：リンクaの日交通量［台/日］
c_a　：リンクaの日交通容量［台/日］
α, β　：BPR関数のパラメータ

パラメータ設定の考え方は，土木学会[2]等より，BPR関数のパラメータの要件にしたがった．

a）パラメータα，β

要件□高速道路と一般道路とは分けて設定

要件より，高速道路は首都高速の観測データより推定された土木学会[3]の値，一般道路は全国の一般道で実施された最新の大規模調査データより推定された国総研の推定値を適用した（表-1）．

b）自由旅行時間t_0，日交通容量c

要件□道路の機能に応じた自由旅行時間の大小関係考慮
□自由旅行時間への交差点停止時間の考慮
□日交通容量（容量の日換算）への道路の幾何構造と使われ方の反映
□中京圏地域特性の反映（中京圏データの使用）

要件より，基本的に中京PTのパラメータを活用した．ただし，高速の自由旅行速度は，最新のトラフィックカウンタ（以下，「トラカン」という）データを用いて改めて設定した．具体的には，トラカンデータの時間交通量と時間平均速度をプロットし，交通量がゼロのときの速度を自由旅行速度として設定した．

４．高速転換率式パラメータの推定

（１）高速転換率式

高速道路利用経路と一般道路利用経路（高速道路は利用しない）を別々の交通手段と見なし，それらの交通手段間のシェアは一種の交通手段分担モデルで表されるものと考える．この分担モデルを表す式が，高速転換率式である．

松井・藤田[1)]，中村ら[4)]と同様に，高速転換率式にはロジットモデル（下式）を適用した．

$$P_{rs}=\frac{1}{\exp\left\{-\theta\cdot\left(C_{rs}^{G}-C_{rs}^{E}\right)+\psi\right\}+1}$$

ここに，　P_{rs}　：ODペア rs 間の高速転換率
C_{rs}^{G}　：ODペア rs 間の一般道路経路コスト
C_{rs}^{E}　：ODペア rs 間の高速道路経路コスト
θ,ψ　：パラメータ

（２）パラメータ推定方法

中京PTでは，松井・藤田[1)]の推定によるパラメータを適用しているが，これはH8時点のデータに基づいているため，新たなデータを用いて改めて推定を行った．

パラメータ推定に用いる交通行動実績データは，H17道路交通センサスOD調査の非集計データから，起点・終点ともに中京都市圏域内（H13中京PT調査対象圏域）にあるサンプルを用いた．また，説明変数となるLOS（サービス水準）データは，交通量配分モデルを用いて算出した．料金時間換算パラメータ（時間価値）は与件（48.1円/分/台）とし，料金を時間換算して旅行時間に加えた一般化コストを説明変数とした．パラメータ推定方法は，非集計データを用いた重み付き最尤推定法とした．

当初のパラメータ推定に用いたLOSデータと，推定されたパラメータを用いた交通量配分結果のLOSとを整合させるため，パラメータ推定と交通量配分とを交互に繰り返す収束計算を行った．

なお，パラメータθ，ψは，OD間距離が長いほど値が小さくなる傾向が見られたため，松井・藤田[1)]と同様に，OD間距離の関数（下式）として推定することとした．パラメータθの傾向は，OD間距離が長いほどコストの認知誤差が大きくなることを表しており，妥当な結果と考えられる．

$$\theta_{rs}=a\cdot\left(D_{rs}\right)^{b}\qquad,\qquad\psi_{rs}=c\cdot\ln D_{rs}+d$$

ここに，　D_{rs}　：ODペア rs 間の距離
a,b,c,d　：パラメータ

（３）利用交通量の再現性を考慮したパラメータ補正

以上で得られたパラメータを用いて配分モデルの現況再現性の確認を行うと，名古屋高速道路の利用交通量が実績の8割程度と過小推計となることがわかった．これは，モデルの推定に用いた実績データが道路交通センサスOD調査の回答値で，記入漏れの可能性があるのに対し，現況再現性の確認に用いた実績データは名古屋高速道路の営業データやトラカンデータであり，両者のデータソースが異なっているためと考えられる．

そこで，名古屋高速道路の利用交通量がトラカンデータ等の実績値と適合するよう，高速転換率式のパラメータψを補正した．具体的には，名古屋線（名古屋環状2号線内側の名古屋高速道路路線の総称で，一つの料金圏を示す）利用トリップ数が実績値と一致するように，ψに一定値を加えることとした．

（４）域外関連トリップの高速転換率

都市圏域外は，都市圏域内と比較して，ゾーニングが粗く，道路ネットワークも疎であるため，都市圏内々と同じ高速転換率式が必ずしも当てはまらない．

このため，起点・終点の少なくとも一方が中京都市圏域外にあるODペア（域外関連）に対する高速転換率式を別途推定し，二本立てで適用することを検討した．

域外関連の転換率式の式型は，都市圏内々と同じく，ロジットモデルとした．パラメータθ，ψは，OD間距離との関係が明確ではなかったため，定数とした（下式）．

$$\theta_{rs}=a\qquad,\qquad\psi_{rs}=d$$

（５）パラメータ推定結果

都市圏内々および域外関連の高速転換率式パラメータ推定結果を**表-2**，**図-4**に示す．

また，都市圏内々の高速転換率のグラフを**図-5**に示す．都市圏内々の高速転換率はOD間距離により異なるため，代表的なOD間距離におけるグラフを複数図示した．転換率式の特性を見るために，次の条件の下での転換率を試算し，図中に示した．

・平均旅行速度：高速道路経路80km/h，
　　一般道路経路30km/h
・高速道路料金：25円/km
・料金時間換算パラメータ（時間価値）：50円/分/台

OD間距離が長いほど高速転換率が上昇する傾向となっており，妥当な転換率式パラメータが推定できたと考えられる（**図-5**）．

５．現況再現性の検証

高速転換率式として，都市圏内々のデータから推定したパラメータのみを適用したケース（①）と，域外関連の転換率式を別途推定し適用したケース（②）について，交通量の現況再現性の検証結果を示す．参考として，従来手法である分割配分法による結果も併せて示す（**表-3**，**図-6**）．

表-2　高速転換率式パラメータの推定結果

	a	*b*	*c*	*d*	*ψ*補正	尤度比
都市圏内々	+0.259 (+9.2)	-0.394 (-12.2)	-1.516 (-28.8)	+7.208 (+42.1)	-1.805 -	0.902
域外関連	+0.025 (+41.6)	- -	- -	+2.588 (+51.2)	-0.744 -	0.492

※下段括弧内は，t値.
※パラメータは，転換率式の*C*の単位を［分］，*D*の単位を［km］，*θ*の単位を「分$^{-1}$」としたときの値.

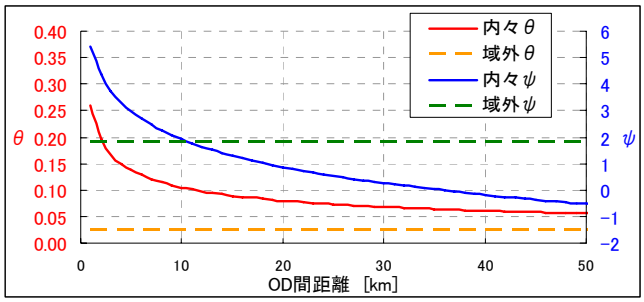


図-4　高速転換率式パラメータ

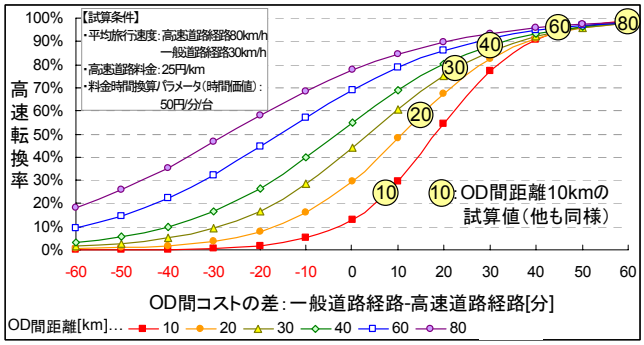


図-5　都市圏内々ODペアの高速転換率

表-3　名古屋高速道路の交通量の現況再現性検証結果

		分割	①	②
名古屋線利用台数	対実績比	0.93	1.00	1.00
小 牧 線利用台数	対実績比	1.06	1.33	1.05
名古屋高速道路本線リンク交通量	RMSE	33	50	38
	相関係数	0.969	0.938	0.968

※RMSEの単位は［百台/日］.
※供用から間もないため需要が発現途中である一宮線は除く.

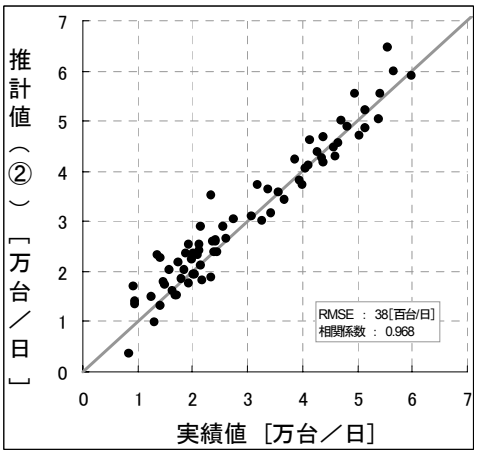


図-6　名古屋高速道路本線リンク交通量の再現性

域外関連の転換率式を別途適用することで現況再現性が向上した（①→②）．また，従来手法は本線交通量の再現性が高いが，②では，それと遜色のない現況再現性が得られた.

6．おわりに

本稿では，中京PTのインプットデータをベースに，H17道路交通センサス等の新しいデータを活用して，利用者均衡配分モデルを構築した．特に，都市圏内々と域外関連の高速転換率パラメータを別途推定し，二本立ての高速転換率式を名古屋高速道路のネットワークに適用した．その結果，従来手法である分割配分法と遜色ない交通量の現況再現性が得られた.

名古屋高速道路公社では，従来，分割配分法によって将来交通量推計を行ってきた．分割配分法も有用な手法であるが，利用者均衡配分は，２．で整理したモデルの特長に加え，５．に示したように高い現況再現性も得られたことから，利用者均衡配分を今後の名古屋高速道路の配分手法の基本とする方向である.

今後は，以下のような新しいデータの活用やモデルの研究等を通じ，継続的にチェック，見直しを図ることが重要と考えている.

・新しいデータ（最新年次のデータ，プローブ等の新たなデータ）の収集と，それを用いたモデルの更新
・新しい行動モデル（高速の経路選択行動のモデル化等）の適用に向けた技術的研究・検討の蓄積

また，今後，時間帯別や車種別の料金体系など，様々な施策検討を行うために，時間帯別・車種別の利用者均衡配分モデルの構築に向けて検討を進める予定である.

最後に，本検討に際し，名城大学の松井寛先生，名古屋大学の森川高行先生，名古屋工業大学の藤田素弘先生，徳島大学の奥嶋政嗣先生，熊本大学の円山琢也先生，名古屋大学の山田基成先生に貴重なご助言をいただきました．ここに感謝の意を表します.

参考文献

1) 松井寛・藤田素弘：高速道路を含む都市圏道路網における利用者均衡配分の実用化に関する研究，土木学会論文集，No.653／IV-48，pp.85-94，2000.
2) 土木学会：道路交通需要予測の理論と適用 第II編 利用者均衡配分モデルの展開，2006.
3) 土木学会：道路交通需要予測の理論と適用 第I編 利用者均衡配分の適用に向けて，2003.
4) 中村毅一郎・森田綽之・井上紳一・中野敦・遠藤弘太郎：首都高速道路における転換率内生化利用者均衡配分モデルの適用，土木計画学研究・講演集，No.29（CD-ROM），2004.