

# 都市圏レベルの交通需要予測手法の違いによる予測値の差の検証

—確率的統合均衡モデルと非集計モデルの比較—

## Comparative Verification of Prediction Results by Different Transport Demand Forecasting Method for Metropolitan Area

—Comparison of Combined Stochastic User Equilibrium model and Disaggregate model—

金森 亮\*・三輪富生\*\*・森川高行\*

Ryo KANAMORI\*・Tomio MIWA\*\*・Takayuki MORIKAWA\*

Disaggregate model can take into account individual travel behaviors in detail, but in forecasting a case of improving service level of transport networks, the changes in service level of automobile are not often considered. On the other hand, combined stochastic user equilibrium model always considers the changes appropriately. In this study, we apply these two models to the Nagoya metropolitan area in order to verify the difference of prediction results. As compared with the equilibrium model, disaggregate model brings the results that the number of automobile trips is overestimated and one of railway trips is underestimated, although the total number of generated trips and the share of each trip purpose are not so different. Especially, the difference is large in short-distance and middle-distance trips.

*Keywords:* transport demand forecasting, combined stochastic user equilibrium model, disaggregate model

交通需要予測, 確率的統合均衡モデル, 非集計モデル

### 1. はじめに

#### (1) 本研究の背景と目的

1991年3月より営業開始された桃花台線ピーチライナーが2006年10月より廃止された。これは、我が国の新交通システムとして初の事例である。多額の累積赤字を抱えた原因に利用客数の過大予測があり、理由の1つとしてニュータウン入居者数の予測ミスがある。加えて、交通需要予測の事後評価<sup>1)</sup>では、四段階推定法における分担段階での予測誤差が大きいことが示されている。この理由として、競合路線や個人属性別の利用特性が考慮されていないことなどを挙げており、適切に非集計モデルを構築すれば実績に近い値が算出されることを確認している。

四段階推定法の代替・改良の一環として開発されてきた非集計モデルは、人間の行動原理や意思決定構造を反映できる特徴を持つ<sup>2)</sup>。近年ではより柔軟な構造を有するモデルの適用が進み<sup>3)</sup>、また、活動スケジュールと交通行動を組み合わせた予測システム<sup>4)5)</sup>も開発されている。しかし、例えば新規路線整備を含む鉄道サービスレベル（以下、LOS）の改善による行動変化を予測する際、自動車LOSは施策導入前と同じデータを利用するなど、事前に外生的に設定することが多い。これは、自動車OD所要時間やリンク交通量は施策導入によって変化しないと暗に仮定することを意味し、一般的には非現実的で説明力を欠く仮定といえよう。同時に、この仮定により、適切に非集計モデルを構築しても、予測誤差を招く可能性がある。

施策導入による自動車LOSの変化を適切に考慮した予測モデルとして、確率的統合均衡モデル<sup>6)</sup>が挙げられる。これは、四段階推定法において指摘される行動論的基盤の欠落、交通LOSの不整合、誘発需要の把握不可といった諸問題<sup>7)</sup>を改善できるモデルであり、都市圏への適用がなされつつあり、現況再現の妥当性も実証されている<sup>8)9)</sup>。

本研究は、都市圏レベルの交通需要予測において、交通基盤整備による自動車LOSの変化を適切に考慮しないことによる影響（予測値の差）に対して、より詳細な知見を得ることを目的とし、確率的統合均衡モデル（考慮した場合）と非集計モデル（考慮しない場合）との予測値を比較分析する。対象都市圏は、2005年の万博開催に向けて大規模な交通基盤整備がなされた名古屋都市圏とする。

#### (2) 本研究の意義

交通基盤整備による交通需要を適切に予測するためには、誘発需要を考慮した確率的統合均衡モデルを用いることが望ましい。誘発需要を明示的に考慮した確率的統合均衡モデルを実都市圏に適用した既存研究としては、円山ら<sup>8)</sup>、著者ら<sup>9)</sup>がある。内山ら<sup>10)</sup>は、誘発需要の推計精度の検証を目的として、円山ら<sup>8)</sup>の均衡モデルと四段階推定法とによる逆予測の結果を比較分析し、均衡モデルの有効性やモデルの改善方向を示している。つまり、施策導入後の交通需要の変化に対して、内生的・整合的に自動車LOSの変化を取り扱う均衡モデルは、四段階推定法よりも有効であることを定量的に確認した。

本研究では、四段階推定法の代替・改良手法である非集計モデルの非現実的な自動車LOSの取り扱いに注目し、適切に取り扱う均衡モデルと比較することで、その影響を把握するものである。筆者らの構築した確率的統合均衡モデルは、誘発需要に加えて、個人属性や交通行動の前後の連関性を考慮している<sup>9)</sup>。そのため、均衡モデルに内生化されている交通行動を規定する活動・交通行動モデルは、そのまま非集計モデルとして用いることができ、自動車LOSの取り扱いの差のみが予測値に反映される。このように、非集計モデルの自動車LOSの取り扱いによる予測値への影響について、均衡モデルと厳密に比較し、実都市圏を対象とした既存研究はなく、本研究の意義は小さくはない。

\* 正会員 名古屋大学大学院環境学研究科 (Nagoya University)

\*\*正会員 名古屋大学大学院工学研究科 (Nagoya University)

## 2. 交通需要予測モデルの概要

交通基盤整備後の自動車 LOS は、様々な誘発需要<sup>7)</sup>によって変化すると予想される。著者らの均衡モデル<sup>9)</sup>では、誘発需要として経路や交通手段の変更に加えて、目的地や活動内容の変更による交通量の変化も扱っている。つまり、個人の活動・交通行動モデルとして、四段階推定法における発生-分布-分担-配分の全段階を統合したモデルが構築されている。以下では、本研究にて非集計モデルとしても用いる活動・交通行動モデル、活動選択を考慮した時間帯別・統合均衡モデルについて簡単に説明する。

### 2.1 活動・交通行動モデル

各時間帯における個人の活動・交通行動は、図1の活動内容-目的地-交通手段-経路の4レベルの選択ツリー構造からなる Nested Logit モデルにて記述できると仮定する。ここで、活動内容選択は滞在箇所によって大きく異なるため、「自宅」、「勤務先・通学先」、「その他外出先」に区別し、適切に適用している（自宅では帰宅目的は除外、など）。

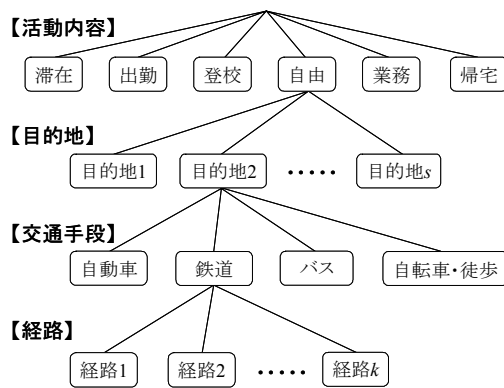


図1 活動・交通行動の選択ツリー構造

また、交通需要や交通 LOS は時間変動するため、時間軸の導入を考える。各時間帯において、個人の活動・交通行動による各種交通量と交通 LOS との関係が確率的均衡状態にあると仮定し、時間軸に沿って各時間帯の交通 LOS に基づく活動・交通行動モデルを逐次的に実行することで、近似的な時間軸の導入が可能となる。加えて、活動内容選択肢として滞在と帰宅、目的地選択肢として滞在箇所と同一ゾーン（ゾーン内々）、交通手段選択肢として自転車・徒歩を導入することにより、逐次的なモデル実行の結果、活動・交通行動の前後の連関性（トリップチェーン）を再現することもできる。そのため、帰宅時における通勤時の利用交通手段の影響などを、的確に再現できる。

以上より、自動車 LOS の取り扱いの違いは、経路選択に関する期待最小費用（ログサム変数）の差として、上位レベルに反映され、最終的に時間帯別・交通手段別 OD 交通量に影響する。

### 2.2 活動選択を考慮した時間帯別・統合均衡モデル

著者ら<sup>9)</sup>は、活動・交通行動モデルより算出される各種交通量と各時間帯の自動車 LOS との相互依存関係を同時に満たす一意の均衡解を算出するため、等価最適化問題を定式化している。この際、自動車 OD 所要時間の再現性向

上を目指して渋滞状態を明示的に表現し、時間帯間の相互干渉を考慮できる時間帯別均衡配分モデル<sup>11)</sup>を組み込んでいる。紙面の都合上、本稿では具体的な最適化問題は記載できないため、詳細は既存研究<sup>9)</sup>を参照されたい。

## 3. パラメータ推定と現況再現性確認

### 3.1 使用データ・設定条件

#### (1) 活動・交通行動データ

名古屋都市圏（名古屋市を中心とした 40km 圏域：第 1 回 PT 調査圏域）への適用に向け、活動・交通行動モデルのパラメータを推定する。推定に用いた活動・交通行動データは第 4 回中京都市圏 PT 調査データ（2001 年平日）である。ゾーンレベルは名古屋市内：小ゾーン（259 ゾーン）、名古屋市外：基本ゾーン（推定時：113 ゾーン、適用時：256 ゾーン）である。推定時と適用時でゾーン数が異なるのは、後述するプローブカーデータの精度に配慮しているためである。時間帯幅は、交通需要の時間変動、時間帯別均衡配分モデル<sup>9)</sup>の初期条件等を勘案し、「1 時間」と設定する。

#### (2) 交通サービスレベル

名古屋都市圏では 2002 年に大規模なプローブカー実験が実施され、平日/休日別・時刻別に DRM のリンク所要時間を把握することができる<sup>12)</sup>。PT 調査実施年次とは異なるもののネットワーク整備状態は同じであり、より精度の高い LOS 作成を目指して、プローブカーによるリンク旅行時間蓄積データ<sup>12)</sup>より自動車 LOS を作成している。

自動車の代替経路の設定は困難であるため、Dial のアルゴリズム<sup>6)</sup>を用いて、経路選択に関するログサム変数を直接算出している。この際、スケールパラメータは、岡田ら<sup>13)</sup>の研究成果を参考として「0.5 (1/分)」と設定した。また、移動目的別の時間価値は、PT 調査の高速道路利用状況より構築した高速道路利用選択モデルから算出した。その結果、出勤・登校・業務目的：83.4 円/分/台、自由・帰宅目的：43.9 円/分/台となり、交通量配分にて一般的に利用される時間価値は 62.9 円/分/台（乗用車、目的計）<sup>14)</sup>であることから、妥当な結果と判断した。

鉄道は 2001 年の時刻表が入手できなかったため、2005 年の時刻表より時間帯別に所要時間、待ち時間の平均値を算出し、2001 年のネットワーク整備状態に合わせて LOS を作成した。アクセス/イグレス距離は DRM より算出している。代替経路の設定は利用実績経路のカバー状況より判断し、ゾーン毎に最寄り駅上位 3 駅、最寄り代表駅（乗換可能駅等）上位 3 駅、バスアクセス所要時間が短い上位 2 駅の最大 8 駅を当該ゾーンの利用可能駅として選定し、利用可能駅ペアの総所要時間が最短経路所要時間の 2 倍以上、もしくは 30 分以上長い経路を取り除いている。

バスは 2001 年の時刻表と路線網を入手できなかったため、代替経路の設定はできなかった。従って、2005 年の時刻表より OD 間最短所要時間経路を設定している。

自転車・徒歩も代替経路の設定が困難であるため、DRM より算出した OD 間最短経路距離と平均時速（徒歩：5km/h、

自転車：8km/h)よりLOSを作成している。

### 3.2 パラメータ推定結果

#### (1) 交通手段選択・経路選択モデル

交通手段選択・経路選択モデルの推定結果を表1に示す。全てのパラメータは符号条件を満たし、主要パラメータは5%有意水準を満たしている。決定係数は0.608とモデル適合度は良好である。

自動車の経路選択基準(時間価値)は移動目的により異なったが、鉄道、バス、自転車・徒歩の所要時間や費用に関するパラメータは移動目的によって有意な差異がみられなかったため、全ての移動目的で同一のパラメータとしている。鉄道経路選択に関する時間価値を算出すると、乗車時間：22.1円/分、乗車外時間：36.5円/分、乗換回数：43.4円/回と概ね妥当な結果となった。バスの時間価値は乗車時間：10.2円/分、乗車外時間：6.3円/分であり、鉄道と比べて低い。この原因として、名古屋市内は均一運賃体系であり、トレードオフの情報量が乏しい可能性が挙げられる。

交通手段選択は移動目的によって選択特性が異なり、例えば、自由目的では65歳以上の高齢者は鉄道やバスを利用しやすい傾向にある。また、自由・業務目的では直前トリップ、帰宅目的では自宅出発時の利用交通手段が利用されやすく、交通行動の前後の連関性を考慮する重要性・有効性を改めて確認することができる。

#### (2) 目的地選択モデル

帰宅目的地は自宅ゾーンに固定されるため、目的地選択モデルは適用しない。その他の移動目的の目的地選択肢集合は最大372ゾーンと大きくなるため、移動可能(時間帯内にいずれかの交通手段で到着可能)なゾーンからランダム抽出された19ゾーンを加えた計20ゾーンから成る選択肢集合を作成し、移動目的別に推定を行った。

本モデルではゾーン内々交通も取り扱うため、ゾーン内々ダミーを導入してその効用を表現する。ただし、推定用の選択肢集合はランダム抽出されたゾーン集合であり、ゾーン内々ダミーを導入しても母集団のゾーン内々の移動シェアを再現できないことに注意が必要である。従って、一種の選択肢別抽出標本における推定であるとみなし、次式<sup>2)</sup>にてゾーン内々ダミーを補正する。

$$\beta = \beta' - \ln[H(g)/Q(g)]$$

$\beta$  : 補正後の定数項,  $\beta'$  : 補正前の定数項

$H(g)$  : サンプル内シェア,  $Q(g)$  : 母集団シェア

目的地選択モデルの推定結果を表2、ゾーン内々ダミーの補正結果を表3に示す。表2より、全てのパラメータは符号条件を満たし、主要パラメータは5%有意水準を満たしている。決定係数は高く、モデル適合度は良好である。

移動目的別に選択特性をみると、出勤・業務目的は従業員人口が多いビジネス街が選択されやすい。登校目的は15歳未満の人に対してOD間距離が有意に推定され、小・中学生は高校・大学生よりも近場に通学している様相を表している。

表1 交通手段選択・経路選択モデルの推定結果

<経路選択モデル>					
選択肢	変数名	推定値			
自動車	スケール[全目的]	0.50 *			
	時間価値(円/分)	83.4 *			
	[出勤・登校・業務目的]	43.9 *			
	[自由・帰宅目的]	-9.84 *			
鉄道	スケール[全目的]	0.322 *			
	乗車時間(時間)	-16.2 *			
	乗車外時間(時間)	-0.742 *			
	費用(円)	-0.322 *			
	乗換回数(回)	-1.92 *			
	アクセス距離(km)	-1.86 *			
	イグレス距離(km)	0.417 *			
<交通手段選択モデル>					
選択肢	変数名	推定値	推定値	推定値	推定値
全手段	スケール	0.095 *	0.091 *	0.092 *	0.079 *
	直前トリップ利用手段ダミー※2	-	-	2.32 *	2.49 *
自動車	自宅発手段依存ダミー※3	-	-	-	4.44 *
	駐車料金(千円)※4	-0.787 *	-	-1.02 *	-1.70 *
	免許保有ダミー	2.56 *	2.15 *	1.63 *	2.75 *
	自動車保有ダミー	3.27 *	-	2.18 *	-
鉄道	男性ダミー	0.685 *	-	-	0.927 *
	定数項	4.79 *	2.87 *	1.47 *	0.714 *
	65歳以上ダミー	-	-	0.855 *	-
	バス	4.39 *	1.29	1.50 *	0.547
バス	乗車時間(時間)	-	-	-2.94 *	-
	乗車外時間(時間)	-	-	-1.81 *	-
	費用(円)	-	-	-0.480 *	-
	アクセス距離(km)	-	-	-0.546 *	-
	イグレス距離(km)	-	-	-0.614 *	-
	65歳以上ダミー	-	-	1.40 *	-
自転車・徒歩	定数項	6.44 *	6.03 *	4.21 *	2.86 *
	所要時間(時間)	-	-	-7.34 *	2.01 *
サンプル数		14,698	自由度調整済み決定係数	0.608	

\*:1%有意, \*\*:5%有意, |:5%有意未満, -:設定値

表2 目的地選択モデルの推定結果

<目的地選択モデル>					
変数名	推定値	推定値	推定値	推定値	推定値
スケール	0.080 *	0.056 *	0.057 *	0.078 *	
OD間距離(km)※1	-	-	-1.87 *	-	-
OD間距離[15歳未満](km)※1	-	-2.35 *	-	-	-
ln(ゾーン面積(ha))	1.00	1.00	1.00	1.00	
ln(就業人口密度(人/ha))	-0.158 *	-	-	-	
ln(就学人口密度(人/ha))	-	0.315 *	-	-	
ln(従業員人口密度(人/ha))	0.927 *	-	0.485 *	0.782 *	
ln(店舗・飲食店密度(事業所/ha))	-	-	0.296 *	-	
ln(事務所・営業所密度(事業所/ha))	-	-	-0.334 *	0.118	
ln(工場・作業所等密度(事業所/ha))	-	-0.459 *	-0.169 *	-	
ln(学校・病院等密度(事業所/ha))	-	0.476 *	0.329 *	-	
ln(道路延長密度(m×km/ha))※2	0.158 **	-	-	-	
施設(学校)ダミー※3	-	0.390	-	-	
施設(SC)ダミー※4	-	-	0.552 *	-	
内々ダミー(名古屋市内)※5	0.950 *	0.793 *	0.027	1.69 *	
内々ダミー(名古屋市外)※5	-0.522 *	-1.58 *	-2.24 *	0.926 *	
サンプル数	4,019	1,493	5,925	1,478	
自由度調整済み決定係数	0.528	0.725	0.777	0.561	

※1:OD間の最短経路距離(DRMより算出)

※2:道路延長:道路幅員×道路延長のゾーン合計(DRMより算出)

※3:施設(学校)ダミー:ゾーンに学校関連施設が地図検索対象施設としてある場合「1」

※4:施設(SC)ダミー:ゾーンにショッピングセンターが地図検索対象施設としてある場合「1」

※5:滞在ゾーンと同一ゾーンを選択する場合「1」

\*:1%有意, \*\*:5%有意, |:5%有意未満, -:設定値

表3 ゾーン内々ダミーの補正結果

	出勤	登校	自由	業務
名古屋市内	-1.909	-2.246	-3.060	-1.542
名古屋市外	-3.458	-4.028	-5.135	-2.110

自由目的もOD間距離が有意に推定されており、就業者・就学者は平日1日の活動時間の大部分を勤務時間等に拘束されるため、比較的近場で所用を済ます傾向を表している。

補正後のゾーン内々ダミーは名古屋市内/市外ともに推定値に比べてマイナス側に補正され、ランダム抽出によるバイアスが除去されていると考えられる。

#### (3) 活動内容選択モデル

活動内容選択モデルの選択肢集合は、滞在箇所や職業、活動履歴によって異なるため、適切に設定している。また、滞在(移動しない)の効用を「0」と基準化している。

本モデルは時間軸に沿って逐次的に実行することで、活動・交通行動を再現するものである。例えば、時間帯Tに

初めて自宅から移動（出勤）する場合、午前3時～(T-1)時までは滞在を選択し、時間帯Tに出勤を選択した結果と解釈できる。すなわち、幾何回帰モデルの一種として表現でき、この考えを援用して推定する。

$$P(T) = p_T^{\text{出勤}} \prod_{t=3}^{T-1} p_t^{\text{滞在}}$$

$P(T)$  : (T-1) 時間滞在した後  
に時間帯Tで出勤する確率

$p_t^{\text{出勤}}, p_t^{\text{滞在}}$  : 各時間帯tの活動内容選択確率

推定結果を表4に示す。ここで、自宅の活動内容選択モデルにおいては、出勤・登校は典型的な慣行行動であり、これらは交通LOSの変化の影響を受けないと仮定し、下位レベルの期待最小費用を考慮していない。

推定結果をみると、主要パラメータは5%有意水準を満たし、決定係数は0.371~0.862と、モデル適合度は良好である。これは、時間帯別ダミーと個人属性の導入が大きな要因であると考えられる。スケールパラメータは全ての滞在箇所でも0及び目的地選択に関するスケールパラメータから有意に離れているため、仮定した選択ツリー構造は妥当であり、均衡モデルの目的関数の凸性の条件も満たす。

### 3.3. 現況再現性の確認

本稿では、紙面の都合上、参考程度の記載となっているため、詳細は既存研究<sup>9)</sup>を参照されたい。

#### (1) 入力データ

PT調査実施年次である2001年の現況再現性を確認するため、均衡モデルを逐次的に実行する。鉄道、バス、自転車・徒歩のLOSは、パラメータ推定時と同一データである。自動車ネットワークはDRMの幹線道路を基に作成し、リンクコスト関数は道路種別毎に推定されたパラメータ<sup>14)15)</sup>を設定し、最大流出台数は交差点容量を設定している。

基準時間帯の滞人口となるゾーン別・個人属性別夜間人口は、性別・年齢別・職業別夜間人口（2000年国勢調査）と自動車運転免許保有有無（PT調査の集計結果）より算出設定している。また、PT調査対象外である貨物車交通は、平成11年道路交通センサス（1999年）より集計し、外生的な時間帯別OD交通量として配分する。

#### (2) 現況再現性の妥当性

図2の時間帯別発生量をみると、発生量の時間変動は概ね再現されている。出勤・登校目的に該当する朝ピークの再現性は高いが、総量再現率は84%である。過小推計の原因を分析すると、午後の自由・業務目的の再現性が低いことが分かった。これらの原因としては、自由・業務は他に比べて実行される割合が少ない、時間帯内での移動を最大1回に

表4 活動内容選択モデルの推定結果

変数名	出勤 推定値	登校 推定値	自由 推定値	業務 推定値
スケール[滞在以外]	-	-	0.009 *	-
定数項	-3.91 *	-7.24 *	-7.31 *	-9.78 *
ln(滞在時間(時間)+1)	0.314 *	1.90 *	-0.051 **	-0.610 *
就業者	-	-	-	1.80 *
就業者_8-11時台	-	-	0.206 *	-
就業者_15-19時台	-	-	0.658 *	-
就学者_15-19時台	-	-	0.874 *	-
主婦・無職_8-16時台	-	-	0.692 *	-
3-4時台, 22時台-[滞在以外]	-	-	-2.56 *	-
5時台	-0.445 *	-	-	-
6時台	0.930 *	0.718 *	-	-
6-7時台	-	-	1.40 *	2.66 *
7時台	2.70 *	3.95 *	-	-
8時台	3.13 *	4.61 *	2.92 *	4.38 *
9時台	2.01 *	2.74 *	3.33 *	-
9-10時台	-	-	-	4.78 *
10時台	0.997 *	-	3.96 *	-
11時台	-	-	3.43 *	-
11-12時台	-	-	-	3.67 *
12時台	-	-	2.15 *	-
13-14時台	-	-	-	4.36 *
13-15時台	-	-	3.00 *	-
15-16時台	-	-	-	3.58 *
16-17時台	-	-	2.58 *	-
17-18時台	-	-	-	1.85 *
17-21時台[出勤・登校]	-	-2.42 *	-	-
18時台	-	-	2.09 *	-
19-20時台	-	-	1.13 *	-
サンプル数	20,712	自由度調整済み決定係数	0.862	

\*:1%有意, \*\*:5%有意, |:5%有意未満, -:設定値

<活動内容選択モデル【勤務先・通学先】>

変数名	自由 推定値	業務 推定値	帰宅 推定値
スケール[滞在以外]	-	0.008 *	-
定数項	-8.25 *	-6.08 *	-7.41 *
ln(滞在時間(時間)+1)	0.064	-1.453 *	-
ln(滞在時間(時間)+1) 16時台到着以前	-	-	0.860 *
ln(滞在時間(時間)+1) 17時台到着以後	-	-	1.08 *
男性_就業者	-	1.66 *	-
女性_就業者_12-14時台	-	-	1.64 *
女性_就業者_15-16時台	-	-	1.32 *
女性_就業者_15-17時台	1.78 *	-	-
就学者_12-14時台	-	-	1.91 *
就学者_15-17時台	-	-	2.84 *
就学者_15-17時台	1.57 *	-	-
9-10時台	-	0.758 *	-
11時台	1.40 *	-	-
11-12時台	-	0.120	-
12時台	2.65 *	-	-
13時台	-	1.65 *	-
13-14時台	1.77 *	-	-
14-15時台	-	0.911 *	-
15-16時台	1.64 *	-	1.20 *
16-17時台	-	0.806 *	-
17時台	2.71 *	-	3.72 *
18時台	3.64 *	-	-
18-19時台	-	0.668 **	-
18-20時台	-	-	4.00 *
19-20時台	3.19 *	-	-
21-22時台	-	-	4.42 *
23時台-	-	-	4.29 *
サンプル数	6,034	自由度調整済み決定係数	0.782

\*:1%有意, \*\*:5%有意, |:5%有意未満, -:設定値

<活動内容選択モデル【その他外出】>

変数名	出勤 推定値	登校 推定値	自由 推定値	業務 推定値	帰宅 推定値
スケール[滞在以外]	-	-	0.011 *	-	-
定数項	-4.27 *	-3.54 *	-4.54 *	-5.31 *	-1.84 *
ln(滞在時間(時間)+1)	-0.916 *	-1.28	-	-	-
ln(滞在時間(時間)+1) 自由目的到着	-	-	-0.049	-3.10 *	-0.923 *
ln(滞在時間(時間)+1) 業務目的到着	-	-	-0.989 *	-1.25 *	-1.34 *
就業者	-	-	-	1.96 *	-
主婦・無職_10-12時台	-	-	0.408 *	-	0.426 *
主婦・無職_13-16時台	-	-	0.515 *	-	0.699 *
65歳以上_10-12時台	-	-	-	-	0.271 *
3-5時台, 23時台-	-	-	-	-	2.72 *
13時台-[出勤・登校]	-	-1.05 *	-	-	-
9-10時台	-	-	-	0.366	-0.449 *
9-11時台	-	-	0.647 *	-	-
11時台	-	-	-	1.16 *	-
11-12時台	-	-	-	-	0.564 *
12時台	-	-	0.631 *	1.09 *	-
13-14時台	-	-	-	1.28 *	0.171
13-15時台	-	-	0.506 *	-	-
15-16時台	-	-	-	1.57 *	1.07 *
16-17時台	-	-	-	-	-
16-18時台	-	-	0.970 *	-	-
17-18時台	-	-	-	1.65 *	2.05 *
19-20時台	-	-	-	-	1.36 *
21-22時台	-	-	-	-	2.24 *
サンプル数	6,619	自由度調整済み決定係数	0.371		

\*:1%有意, \*\*:5%有意, |:5%有意未満, -:設定値

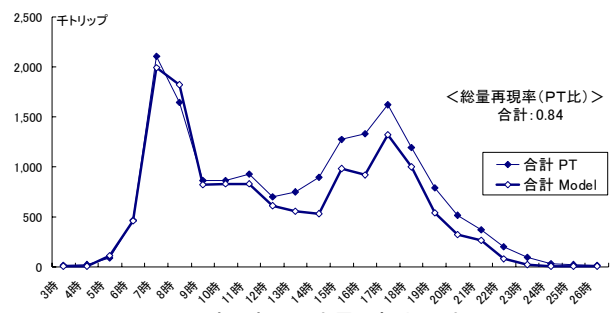


図2 時間帯別発生量（都市圏計）

限定した発生モデルである、逐次的な計算によりモデル誤差が伝播拡大している可能性がある、などが考えられる。

図3の名古屋市への集中量をみると、発生量の過小推計に伴い、集中量も過小となっている。手段構成をみると、鉄道は過大に、自転車・徒歩は過小に推計されている。

昼間12時間の自動車リンク交通量を観測値(センサスデ

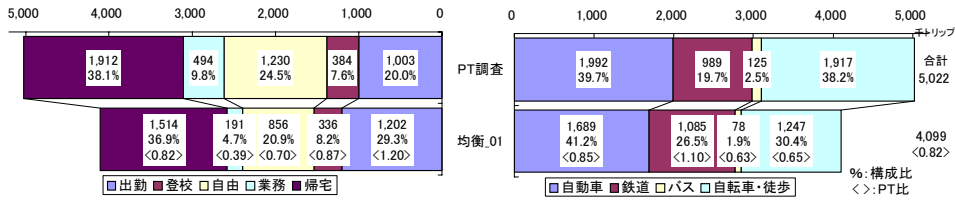


図3 目的別/交通手段別集中量 (名古屋市計)

ータ)と比較すると、相関係数:0.84, 回帰係数は0.92であった。また、自動車OD所要時間を観測値(プローブカーデータ)と比較すると、相関係数:0.93, 回帰係数は0.66であった。ここで、従来の四段階推定法として、PT調査から集計した時間帯別自動車OD交通量を与件として交通量配分を行った結果、リンク交通量の再現性は相関係数:0.82, 回帰係数:0.94, OD所要時間は相関係数:0.93, 回帰係数:0.58となった。均衡モデルの自動車交通量は過小推計にあるものの、四段階推定法と比べてリンク交通量は同程度、OD所要時間は再現性が向上していることが確認できる。これは、統合均衡モデルは、PT調査の観測誤差によるOD交通量の偏りを弾力的に吸収しているためと考えられる<sup>8)</sup>。以上より、均衡モデルの現況再現性は、自由・業務目的の過小推計、鉄道の過大推計といった傾向があるものの、自動車OD所要時間の再現性に関しては概ね妥当である。

#### 4. 予測手法の違いによる予測値の差の検証

##### 4.1 2005年予測における入力データ

名古屋都市圏において、2001年~2005年の主要な交通基盤整備を表5に整理した。地下鉄環状化など鉄道新規路線が整備され、同時に高速道路網も延伸している。

表5 主要な交通基盤整備 (2001年~2005年)

鉄道網	道路網
上飯田線(平安通~上飯田)	東名阪自動車道(上社JCT~高針JCT)
名城線(名古屋大学~新瑞橋)	名古屋高速道路(吹上~高針JCT)
あおなみ線(名古屋~金城ふ頭)	名古屋高速道路(清州JCT~一宮)
空港線(常滑~中部国際空港)	伊勢湾岸自動車道(豊田東JCT~四日市JCT)
東部丘陵線(藤が丘~万博八草)	東海環状自動車道(豊田東JCT~美濃関JCT)

ここで整備状況に合わせて、自動車ネットワークと鉄道LOSを更新した。その他のLOSは現況時と同一データである。均衡モデルでは自動車OD所要時間は内生されるが、非集計モデルは、事前に外生的に設定する必要がある。本研究では、現況時の時間帯別リンク交通量より算出[時間帯別]、規制速度より算出[規制速度]、現況時のピーク時リンク交通量より算出[ピーク時]の3ケースの方法で設定した。ただし、延伸した高速道路の走行速度は、規制速度より大きく低下することはないと仮定し、全ケースで交通量0台、つまり、規制速度より算出している。

基準時間帯の滞在人口となるゾーン別・個人属性別夜間人口も、2005年国勢調査結果を用い

て更新している。その結果、名古屋都市圏の人口は1.03倍(764万人→787万人)となった。その他の入力データは現況再現時と同一である。

##### 4.2 予測値の比較

均衡モデルと非集計モデルによる2005年予測値(昼間12時間)を均衡モデルの現況再現(2001年)とともに図4~5に示す。ここで、2005年度の交通行動観測データはないため、各モデルの再現性を確認することはできない。

図4より、都市圏計の発生量は均衡モデルと非集計モデルに大差はなく、人口増加率と同程度の増加傾向にある。しかし、交通手段別にみると大きな差異が生じており、非集計モデルは自動車LOSの設定方法によって自動交通量が大きく変動している。平成17年道路交通センサス(2005年)より、均衡モデルの自動車リンク交通量の再現性を確認すると、相関係数:0.81, 回帰係数:0.90となり、概ね妥当であった。従って、施策導入時の自動車LOSを適切に取り扱わない場合、その設定方法によって交通手段構成や交通基盤整備効果の解釈が異なる。名古屋市集中量(図5)も発生量と同様の傾向がみられ、均衡モデル(均衡\_05)では、鉄道網拡充により鉄道利用が8%増加し、自動車利用が2001年と同程度となるが、非集計モデルではこのような整備効果を反映できていないことが分かる。

ここで、非集計モデルにおける最も現実的な自動車LOS設定方法として、[時間帯別]のケースを取り上げ、均衡モデルと非集計モデルの予測値の差について詳細に分析する。各ODペアの最短経路所要時間の差に着目して交通手段構成(図6)を比較すると、均衡モデルと非集計モデルとの時間差が±5分未満であるODペアでは交通手段構成に大きな差はみられない。一方、均衡モデルが5分以上遅いODペアでは、非集計モデルは均衡モデルに比べて自動車: +12ポイント(均衡:51%;非集計:63%)、鉄道:-10ポ

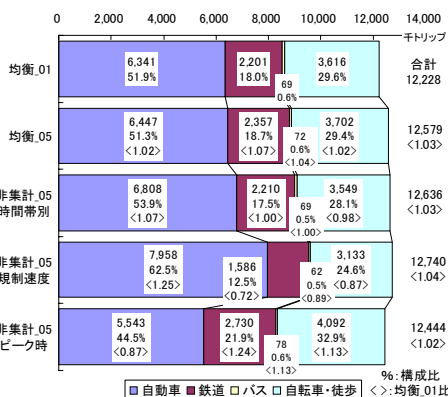


図4 交通手段別発生量 (都市圏計)

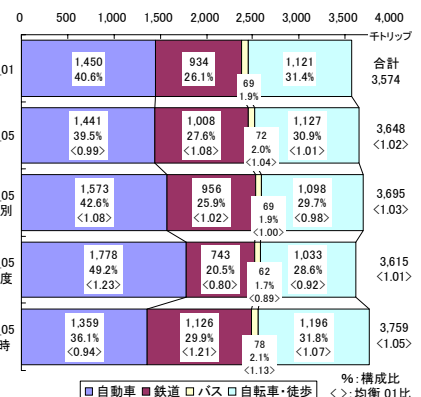


図5 交通手段別集中量 (名古屋市計)

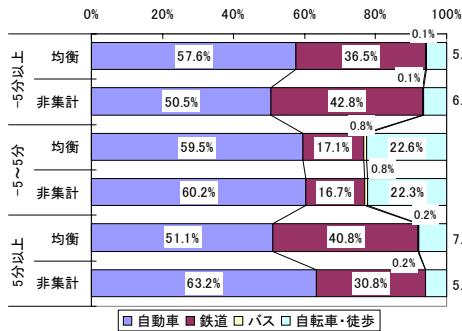


図6 OD所要時間差別・交通手段構成の比較

イント (均衡: 41%; 非集計: 31%) と大きな差が生じ、所要時間差の影響が非常に大きいことが分かる。ここで、均衡モデルが非集計モデルより5分以上遅いODペアは全体の16%、5分以上早いのは2%であり、2005年の自動車LOSは2001年の現況時よりも遅くなる傾向にある。これは、人口増加に伴うトリップ数自体の増加、自動車交通の誘発需要が要因として挙げられる。

均衡モデルにおける自動車交通の誘発需要としては、鉄道への転換交通による減少分を埋め合わせるように、自動車利用が増加する可能性がある。図7のOD距離帯別にみた予測値の差において、所要時間差が小さく(-5~5分)10km未満の場合に、非集計モデルよりも均衡モデルの方が多くことから、短距離トリップが誘発されている可能性がある。また、OD所要時間差が小さくとも誘発的な短距離トリップの増加により、OD距離が長くなるに連れて自動車分担率の差が徐々に大きくなることも確認できる。

図8のゾーン別鉄道分担率の予測値の差(均衡-非集計)をみると、整備された新規鉄道路線沿線上は差が小さいものの、ネットワーク機能の強化により利便性が向上した既存の鉄道路線沿線では2.5~5.0ポイントと大きな差が生じているゾーンがある。これらのゾーンでは施策導入前後の自動車LOSの変化が大きいと考えられ、施策導入による自動車LOSの変化は都市圏の各所で生じているといえる。

## 5. まとめ

本研究では、交通基盤整備による自動車LOSの変化の考慮の有無による予測値への影響の把握を目的として、名古屋都市圏を対象に均衡モデル(考慮有り)と非集計モデル(考慮無し)による2005年の交通需要予測を行った。均衡

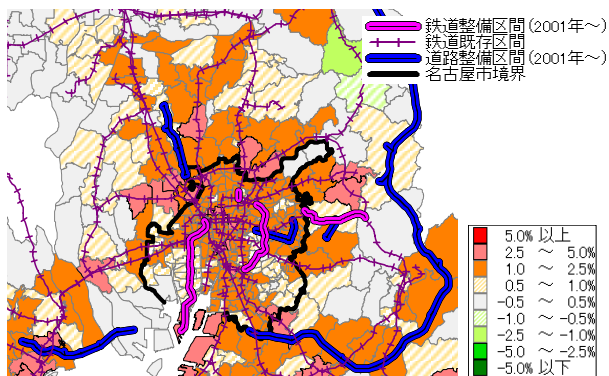


図8 ゾーン別鉄道分担率の予測値の差(発生集中量)

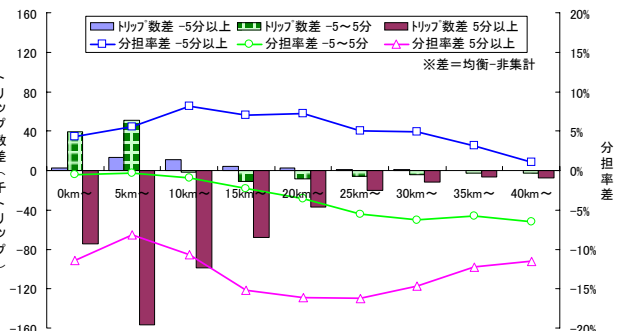


図7 OD所要時間差別・距離帯別予測値の差(自動車交通量)

モデルとしては、誘発需要をより詳細に考慮できる著者らの確率的統合均衡モデル<sup>9)</sup>を用い、非集計モデルとしては、均衡モデルに内生化されている活動・交通行動モデルを用いた。従って、自動車LOSの取り扱いの影響のみが予測値に反映される関係となっている。

施策導入による自動車LOSの変化を適切に考慮しない場合、都市圏計の発生量への影響は小さいものの、交通手段構成への影響は無視できないものであった。均衡モデルと非集計モデルのOD所要時間差が5分以上あると、交通手段構成の差異は10ポイント以上となり、また、短・中距離トリップの予測値の差が大きいことも明らかになった。つまり、自動車LOSの変化を内生的・整合的に取り扱わなければ、無視できない程度の予測誤差を招く可能性があることを、定量的に確認できた。

本研究は、交通基盤整備といった比較的大きな活動・交通行動変化が予想される施策を対象としたものの、施策導入時の自動車LOSを適切に取り扱う重要性を示した意義は大きい。今後、より信頼性の高い交通需要予測を行うためには、交通行動モデルの精緻化と同時に、都市圏レベルにて均衡モデルのように、誘発需要も含めた自動車LOSの変化を考慮できる予測モデルを適用/構築していくことが望ましい。

## 【参考文献】

- 1) 森川ら (2004) 新交通システム需要予測の事後評価—ピーチライナーを例として—, 運輸政策研究, Vol.7 No.2, pp.20-29.
- 2) 土木学会 (1995) 非集計モデルの理論と実際, 丸善.
- 3) Yamamoto *et al.* (2006) Advances in choice modeling and Asian perspectives, paper presented at the 11th International Conference on Travel Behavior Research.
- 4) 藤井ら (2000) マイクロシミュレーションによるCO<sub>2</sub>排出量削減に向けた交通施策の検討: 京都市の事例, 交通工学, Vol.35 No.4, pp.11-18.
- 5) Bowman *et al.* (2001) Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules, Transportation Research Part A, Vol. 35 No.1, pp.1-28.
- 6) 土木学会 (1998) 交通ネットワークの均衡分析, 丸善.
- 7) 北村隆一 (1996) 交通需要予測の課題: 次世代手法の構築に向けて, 土木学会論文集, No.530/IV-30, pp.17-30.
- 8) 円山ら (2002) 大規模都市圏への交通需要統合型ネットワーク均衡モデルの適用, 土木計画学研究・論文集, Vol.19 No.3, pp.551-560.
- 9) 金森ら (2007) 活動選択を考慮した時間帯別・統合均衡モデルの構築, 土木計画学研究・論文集, Vol.24 (印刷中).
- 10) 内山ら (2005) 誘発交通を考慮した統合需要モデルの逆予測による精度評価, 都市計画論文集, No.40-3, pp.355-360.
- 11) 赤松ら (1998) 時間帯別 OD 需要とリンクでの渋滞を生じた準動的配分, 土木計画学研究・論文集, No.15, pp.535-545.
- 12) Miwa *et al.* (2004) Route Identification and Travel Time Prediction Using Probe-Car Data, International Journal of ITS Research, Vol.2 No.1, pp.21-28.
- 13) 岡田ら (2005) 確率的利用者均衡配分モデルにおける分散パラメータに関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.22 No.3, pp.523-530.
- 14) 土木学会 (2003) 道路交通需要予測の理論と運用 第I編 利用者均衡配分の適用に向けて, 丸善.
- 15) 吉田ら (2005) 交通常時観測調査データによるリンクコスト関数の推定, 交通工学, Vol.40 No.6, pp.80-89.