

第4回東京都市圏PT調査における予測手法体系について*

The Method of Transport Demand Forecasting by Person Trip Survey on Tokyo Metropolitan Region

原田 昇**・兵藤哲朗***・室町泰徳****・中野和幸*****・村上智章*****

By Noboru HARATA**・Tetsuro HYODO***・Yasunori MUROMACHI****

・Kazuyuki NAKANO *****・Tomoaki MURAKAMI *****

1. はじめに

東京都市圏では昭和43年から10年間隔でPT調査を実施してきており、広域的かつ総合的な交通計画を提言するために将来交通需要予測を行ってきている。これまでの交通需要予測では、将来の人口フレームや交通施設計画を固定されたものに対して、交通需要予測を行ってきた。

しかし、これからの交通政策は、土地利用と交通施設整備、TDM施策等、多様な施策を組み合わせることが重要となってきた。多様化する交通ニーズに対応するために、複数の計画代替案を予測・評価することが要件とされた。

今回、東京都市圏での将来需要予測では、まず戦略モデルによって複数の計画代替案をマクロレベルで予測・評価を行い、計画案の絞り込みを行った。

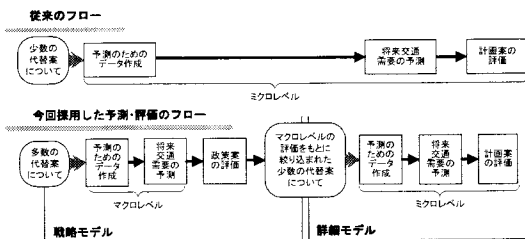


図-1 従来の予測手法体系との違い

*キーワード：パーソントリップ調査、戦略モデル

**正員、工博、東京大学大学院新領域創成科学研究科
(東京都文京区本郷7-3-1、
TEL03-5841-6233、FAX03-5841-6267)

***正員、工博、東京商船大学商船学部流通管理工学講座
(東京都江東区越中島2-1-6、
TEL03-5245-7386、FAX03-5620-6492)

****正員、工博、NCTS, University of the Philippines
(UPPO Box26, Diliman1101, Quezon City, Philippines
TEL (632) 9290495 loc.212, FAX (632) 4362945)

*****神奈川県県土整備部都市計画課
(神奈川県横浜市日本大通り1番、
TEL045-671-4086、FAX045-210-8879)

*****正員、工修、(財)計量計画研究所
(東京都新宿区市谷本村町2-9、
TEL03-3268-9911、FAX03-5229-8081)

そして、第2段階として絞り込まれた計画案に対して詳細レベルの予測・評価を行った。

2. 戦略モデル

(1) 戦略モデルの概要

戦略モデルは、1990年代にイギリスにおいて各都市圏の交通計画策定の際に、様々な計画代替案を評価するために開発されるようになった交通量予測システムのことである。それはゾーン区分をマクロレベルにすることで、操作性を高め、短時間でより多く計画代替案の予測・評価が可能となった。

今回、東京都市圏においてもイギリスの戦略モデルを参考にして、発生集中-分布-分担-配分まで一貫した戦略モデルを開発した。これまでの計画基本ゾーンを単位とした予測モデルと違い、戦略モデルでは大ゾーンを単位とし、人口フレームやネットワークの設定といった作業量を軽減することができた。

そして、都市圏人口配置、交通施設整備、TDM施策といった様々な都市交通施策を組み合わせた総合都市交通政策シナリオについて将来交通需要予測を行うことができた。

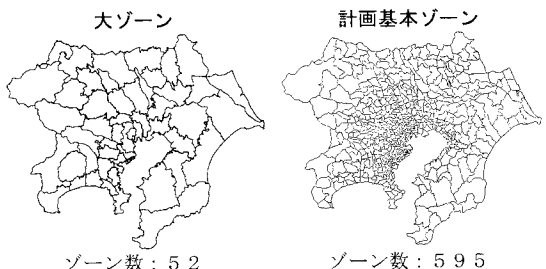


図-2 東京都市圏のゾーン区分

(2) 集計ネットワークの作成

戦略モデルにおいても通常の四段階推定法を用いているので、道路ネットワークへの配分も行われる。

今回、大ゾーン間の交通量を配分するにあたり、通常の道路ネットワークではなく、図-3のような大ゾーン間を結ぶスパイダー型の集計ネットワークを作成した。

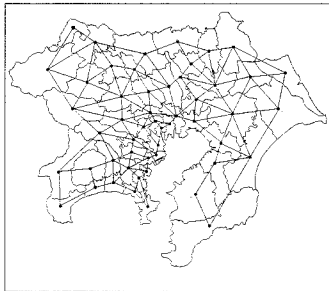


図-3 大ゾーン間集計ネットワーク

集計ネットワークのリンク距離は、隣接する各大ゾーン内に含まれる計画基本ゾーンの組み合わせによる、計画基本ゾーン間の最短経路の単純平均によりゾーン間距離を求めた。

集計ネットワークのリンク距離は、隣接する各大ゾーン内に含まれる計画基本ゾーンの組み合わせによる、計画基本ゾーン間の最短経路の単純平均によりゾーン間距離を求めた。

$$D_{ij} = \sum \sum (MIN_{NM}) / N \times M$$

D_{ij} : 大ゾーンij間のリンク距離
 N : 大ゾーンi内に含まれる計画基本ゾーン
 M : 大ゾーンj内に含まれる計画基本ゾーン
 MIN_{NM} : 計画基本ゾーンNM間の最短リンク距離

そして、算出されたゾーン間距離の1/2をゾーン内々リンク距離とした。

$$D_{ii} = D_{jj} = D_{ij} \times 1/2$$

D_{ii} : 大ゾーンi,jのリンク距離

また、集計ネットワークのリンク容量は、当該大ゾーンのH9センサス容量キロを、隣接する大ゾーン境ごとの車線数で加重平均から算出した。

$$Q_{ii} = Q_i \times S_{ij} / S_i / D_{ij}$$

Q_{ii} : 大ゾーンi,j間リンク容量
 Q_i : H9センサスの大ゾーンiの容量台キロ
 S_{ij} : 大ゾーンi,j間の車線数
 S_i : 大ゾーンiの隣接大ゾーン境の総車線数
 D_{ij} : 大ゾーンi,j間のリンク距離

このように隣接ゾーン間のアクセシビリティの違いを考慮するとともに、都市圏全体での総容量キロが整合するように配慮した。

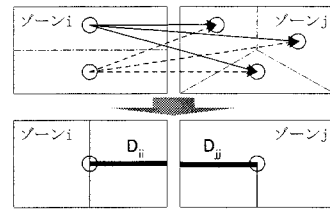


図-4 大ゾーン間リンク距離算出イメージ

(3) 各段階の構造

a) 発生集中モデル

発生集中モデルでは、大ゾーン別の目的別発生量は、カテゴリー別原単位を用いて推計した。カテゴリー区分については、将来の設定可能性を考慮した上で、性別、年齢階層、就業形態、免許有無とした。

b) 分布モデル

分布モデルでは、目的地の離散型選択のロジットモデルを適用した。この分布モデルは、発生集中モデルで与えられるゾーン別カテゴリー別発生量を制約条件としたモデルである。

カテゴリー区分としては、政策シナリオから要求されている免許保有の有無と高齢／非高齢別にモデルを構築した。

$$P_{ij} = \exp[V_{ij}] / \sum_j \exp[V_{ij}]$$

P_{ij} : 到着地の選択確率
 V_{ij} : ゾーンij間の効用
 A_j : ゾーンjの集中ポテンシャル
 $Area_j$: ゾーンjの面積
 D_{ij} : ゾーンij間の距離

$$V_j = \ln(Area_j) + \beta \cdot \left(\frac{A_j}{Area_j} \right) + \gamma \cdot D_{ij}$$

表-1 分布モデルパラメータ推計結果

目的 \ カテゴリー		非高齢者		高齢者	
		免許なし	免許あり	免許なし	免許あり
通勤	集中ポテンシャル	0.092	0.095	0.095	0.091
	距離	-0.069	-0.061	-0.061	-0.062
自宅業務	集中ポテンシャル	1.145	1.032	1.183	0.994
	距離	-0.058	-0.049	-0.057	-0.062
自宅私事	集中ポテンシャル	0.447	0.392	0.465	0.397
	距離	-0.076	-0.072	-0.074	-0.068
勤務業務	集中ポテンシャル	0.175	0.152	0.173	0.148
	距離	-0.077	-0.064	-0.082	-0.078
その他私事	集中ポテンシャル	0.182	0.177	0.190	0.187
	距離	-0.075	-0.074	-0.085	-0.082

下線部は有意水準5%で有意

c) 分担モデル

手段別交通量の推計では、まず徒歩二輪選択モデルによって非交通機関を抽出し、残りの鉄道・バス・自動車に対して交通機関選択モデルを構築して段階的に手段別の交通量を推計する形とした。

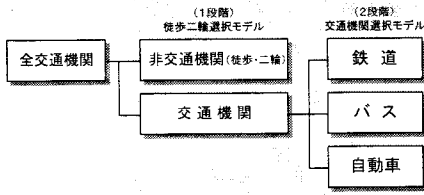


図-5 交通手段別交通量推計手順

① 徒歩・二輪選択モデル

ゾーン間交通量の二輪、徒歩利用の交通量を予測するため、ゾーン間距離を説明変数とした集計型ロジットモデルを構築した。また、分布モデルとの整合がとれるよう、カテゴリ別（年齢階層別、免許有無別）にモデルを構築した。

② 交通機関選択モデル

交通機関（鉄道、バス、自動車）選択モデルは、個人属性、各交通機関の輸送評価値を説明変数とする非集計ロジットモデルを目的種類ごとに構築した。

パラメータ推定に用いたデータは、実態調査データの中から各目的種類に対して約1,000サンプルをランダム抽出した。

d) 配分モデル

自動車分布交通量をV T変換し、(2)で説明した集計ネットワークへの配分を行う。なお、配分手法は利用者均衡配分で、リンクパフォーマンス関数にはH9道路交通センサスの混雑度とピーク時所要時間の関係から推定したBPR関数を用いた。

○BPR関数
$$t_a(x_a) = t_{a0} \{1 + \alpha(x_a / C_a)^\beta\}$$

$$\alpha = 0.8725, \beta = 2.1853$$

○Frank-Wolfe法収束条件

収束条件1 $\sum (x_a^{(n+1)} - x_a^{(n)}) \cdot t_a(x_a^{(n)}) \leq \varepsilon_1 \quad \varepsilon_1 : 10000.0$

収束条件2 $\max_a |(x_a^{(n+1)} - x_a^{(n)}) / x_a^{(n)}| \leq \varepsilon_2 \quad \varepsilon_2 : 0.03$

収束条件3 $n > \varepsilon_3 : 10$

○分担-配分フィードバック (iteration) 収束条件

台キロ収束条件 $\max_a |(x_a^{(n+1)} - x_a^{(n)}) / x_a^{(n)}| \leq \varepsilon_2 \quad \varepsilon_2 : 0.07$

台時収束条件 $\max_a |(x_a^{(n+1)} - x_a^{(n)}) / x_a^{(n)}| \leq \varepsilon_2 \quad \varepsilon_2 : 0.07$

※台キロと台時の同時収束

なお、集計ネットワークには大ゾーン内々交通量も配分している。大ゾーン間のリンク長が実際の台キロに比べて過大に推計される場合は、大ゾーン内々交通量のトリップ長を平均トリップ長に合わせるように交通量を修正した上で配分を行った。

3. 詳細モデル

(1) 詳細モデルの概要

詳細モデルは、戦略モデルによって絞り込まれた計画案に対して、具体の道路ネットワークへの配分を行い、評価指標を算出するための予測システムの構築を行った。

算出された評価指標が戦略モデルの結果から大きく変動することのないように、分布交通量を推計するまでの段階までは戦略モデルの構造を引き継ぐものとした。表-2は戦略モデルと詳細モデルの主な構造の違いを示したものである。

表-2 戦略モデルと詳細モデルの構造の違い

ステップ	戦略モデル		詳細モデル
発生集中	原単位法	→	戦略モデルと同様
分布	目的地選択モデル	→	戦略モデルによる大ゾーン間分布交通量を計画基本ゾーン間交通量に分割
分担	徒歩・二輪選択モデル 交通機関選択モデル	→ →	戦略モデルと同様 詳細なTDM施策に対応したモデルの改良
配分	大ゾーン間交通量を集計ネットワークへの利用者均衡配分	→	計画基本ゾーン間交通量を詳細ネットワークへの利用者均衡配分

(2) 大ゾーン間交通量の計画基本ゾーンへの分割

戦略モデルで推計された大ゾーン間交通量を計画基本ゾーン間交通量に分割するための方法としては、まず、計画基本ゾーン間の目的地選択モデルを構築し、その着地効用の比を用いて計画基本ゾーン間分布パターンを作成した。ただし、ゾーン内々については分布パターンが推計できないことから、現状による内々率を用いて交通量を先取りした。

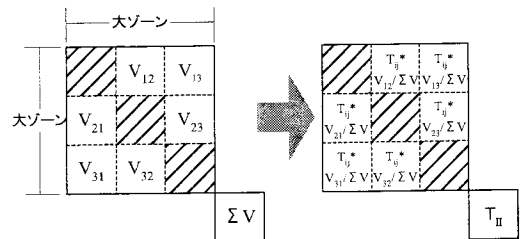


図-6 分布交通量の分割イメージ

(3) 鉄道駅端末のアクセシビリティを考慮した交通機関選択モデルの構築

詳細モデルにおける交通機関選択モデルでは、P&R施策などの鉄道端末手段へのTDM施策等への対応も可能となるような構造を考え、通勤、自宅業務、自宅私事目的について鉄道端末アクセシビリティを考慮した交通機関選択モデルを構築した。

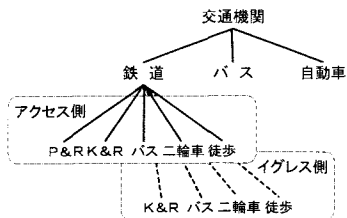


図-7 鉄道端末アクセシビリティを考慮した交通機関選択モデル構造

a) 駅端末交通手段レベル

駅アクセスの端末交通機関として、P&R、K&R等、バス、二輪、徒歩の5機関での機関分担を考え、集計型ロジットモデルとした。そして、P&R利用実績のないゾーンや免許非保有者はP&Rを利用できないものと考え、P&Rを選択可能性から外した。

また、イグレスの場合は、P&Rを利用は考えないものとして、免許保有の有無に係わらず、K&R等、バス、二輪、徒歩の4機関での集計型ロジットモデルとした。

表-5 鉄道端末パラメータ推定結果（アクセス）

目的種類 説明変数	通 勤	自宅業務	自宅私事
定 数 項 (P & R)	-8.463	-4.702	-4.340
定 数 項 (K & R)	-3.704	-3.293	-3.638
定 数 項 (バ ス)	-4.508	-3.997	-3.973
定 数 項 (二 輪)	-1.846	-2.039	-1.943
所 要 時 間 (共 通)	-82.136	-84.399	-80.151
所 要 費 用 (共 通)	-0.660	-3.586	-2.878
着バス本数(バス)	0.385	0.375	0.375
P&R利用可能台数 (P & R)	0.767	0.357	0.301
尤度比 サンプル数	0.280 1166	0.286 989	0.340 1043

下線部は有意水準5%で有意

b) 交通機関選択レベル

鉄道端末部分のアクセス効用とイグレス効用を鉄道駅端末モデルにおける効用関数のログサム値を説明変数としたモデルを構築した。

表-5 交通機関選択モデルパラメータ推定結果

目的種類 説明変数	通 勤	自宅業務	自宅私事
<共通変数>			
幹 線 時 間 (千 分)	-43.4565	-64.9379	-20.4557
幹 線 費 用 (千 円)	-1.4074	-0.0729	-1.8909
<鉄道>			
定 数 項 (鉄 道)	1.9511	-2.2844	0.6529
ア ク セ ス 効 用	0.1925	0.3862	0.1766
イ グ レ ス 効 用	0.5435	0.4549	1.3196
<バス>			
定 数 項 (バ ス)	-1.6474	-4.4861	-3.9039
高 齢 者 ダ ミ ー			0.2900
ln(1+バス運行本数)	0.4693	0.3604	0.6655
<自動車>			
免 許 保 有 ダ ミ ー	1.9135	0.0777	1.5100
世帯当たり保有台数/世帯	2.2304		2.2470
駐車料金(万円/20 日)	-14.5701	-10.2056	-14.6285
尤度比 サンプル数	0.619 1108	0.518 802	0.616 523

下線部は有意水準5%で有意

(4) 配分モデル

詳細ゾーンレベルでは、主要地方道以上の計画基本ゾーン間道路ネットワークへの利用者均衡配分を行った。なお、ネットワークデータは汎用性や正確性を考慮してDRMをベースにして作成した。

4. おわりに

今回の東京都市圏での予測検討の中で、我が国では初めての戦略モデルと詳細モデルという2段階の予測体系を構築し、将来交通需要予測を行った。今後、計画プロセスの透明性を高めるために、こうした将来予測の考え方が必要とされてくるだろう。

なお、本稿は東京都市圏交通計画協議会、同委員会での検討の中での作業をとりまとめたものであり、関係各位の協力に感謝したい。

参考文献

- 1) Michel Roberts : A strategic modeling approach for urban transport policy development, TRAFFIC ENGINEERING+CONTROL, JULY/AUGUST, 1997.
- 2) 原田昇：イギリスにおける都市圏交通計画－仕組みと事例－，交通工学，vol.33 NO.3，pp34-38，1998.
- 3) 中村文彦：The London Congestion Charging Research Programme，季刊MOBILITY，1997冬，pp.64-72，1997.
- 4) 松井寛編：交通ネットワークの均衡分析－最新の理論と解法－，土木学会，1998.