

1 はじめに

現在都市地域の交通量の需要推計は、発生交通、分佈交通、交通被開別分担の連続した各ステップを経て、ゾーン間の被開別の需要量を求めるというが、これらのステップを一つのモデルにまとめれば、土地利用、ゾーン間のサービスレベルを変数にしてゾーン間の被開別の需要量を Explicit に求めることができる。このようなモデルは、既に都市間の交通量の予測モデルとしていくつが提案され、実際のデータで検証されているが、都市内の需要予測にも適用できることはまだ確められていない。そこで、本論文は発生モデル、分佈モデル、交通被開別分担モデルから、一つの Explicit な交通需要モデルを導き出し、都市内においてこのような交通需要モデルの適用できることを理論的に明らかにすると同時に、昭和42年実施された広島都市圏のパーソントリップ調査のデータを用いて、このモデルの適合度について統計学的検証も行なうことにする。

2 発生モデル

発生モデルは土地利用、経済指標を変数にして、各ゾーンの発生集巾量を求めるモデルである。

$$V_i = f(A_i) \quad (1)$$

ただし、 V_i : ゾーンiの発生、集巾量

A_i : ゾーンiの土地利用、社会経済指標

将来の土地利用をゾーン単位で予測する場合、人口関係の指標が他の指標に比べて比較的簡単に予測でき、さらに発生、集巾量は人のトリップを単位としているため、(1)式は人口を変数にした回帰モデルを用いることが多い。人口の指標としては、Home-based tripの基本となる夜間人口、Nonhome based tripの基本となる昼間人口(昼間就業人口)を変数にして次のような簡単なモデルがよく用いられている。

$$V_i = a_0 + a_1 P_i + a_2 E_i \quad (2)$$

$$V_i = a_0 \frac{a_1}{P_i} E_i \quad (3)$$

ただし、 V_i : ゾーンiの発生、集巾量

P_i : ゾーンiの夜間人口

E_i : ゾーンiの昼間人口

a_0, a_1, a_2 : パラメータ

(2)式の線型モデルが用いられるのは回帰分析が簡単な化のであり、(3)式の積の型が用いられるのは両辺の対数を取ると、(2)式と同じ線型式になるためである。(2)、(3)のモデルに地域特性として距離からの所要時間を説明変数に加えると

$$V_i = a_0 + a_1 P_i + a_2 E_i + a_3 L_i \quad (4)$$

$$V_i = a_0 \frac{a_1 a_2}{P_i E_i} L_i \quad (5)$$

ただし、 L_i : 都市からゾーンまでの所要時間

3 分佈モデル

分佈モデルは発生、集巾量、ゾーン間の交通抵抗を変数にしてゾーン間の分佈交通を予測するモ

デルである。

$$V_{ij} = f(V_i, V_j, L_{ij}) \quad (6)$$

ただし、 V_{ij} : ゾーン i - j 間の分佈交通量

(6) の関数としては一般に Gravity Model が用いられ、そのうち最も簡単なモデルを示すと次のようになる。

$$V_{ij} = k V_i^a \cdot V_j^b / L_{ij}^c \quad (7)$$

ただし、 a, b, c, k : パラメータ

V_i, V_j は (1) 式の発生モデルから求められ、 $f(A_i)$ を A_i に置きかえて、(7) 式に代入すると、

$$V_{ij} = k A_i^a A_j^b / L_{ij}^c \quad (8)$$

(8) 式のパラメータを整理解くと

$$V_{ij} = a_0 A_i^{a_1} A_j^{a_2} L_{ij}^{a_3} \quad (9)$$

A_i, A_j として (2) 式を用いると

$$V_{ij} = a_0 (a_0 + a_1 P_i + a_2 E_i)^{a_1} (a_0 + a_1 P_j + a_2 E_j)^{a_2} L_{ij}^{a_3} \quad (10)$$

A_i, A_j として (3) 式を用いると

$$V_{ij} = a_0 (a_0 P_i^{a_1} E_i^{a_2})^{a_1} (a_0 P_j^{a_1} E_j^{a_2})^{a_2} L_{ij}^{a_3} \quad (11)$$

(11) 式のパラメータを整理解くと

$$V_{ij} = a_0 P_i^{a_1 a_2} E_i^{a_2 a_2} P_j^{a_1 a_2} E_j^{a_2 a_2} L_{ij}^{a_3} \quad (12)$$

(9) は、発生モデル、分佈モデルのスイツツと踏まねとも、夜間人口、昼間人口、交通振振を定数にして直接分佈交通に求められ、これを示しており、(12) 式はその具体例モデルの一つである。

4 交通機関別分佈モデル

交通機関別分佈モデルは、交通機関の所要時間等のサービスレベルを定数にして交通機関の間の分佈を定めるモデルである。

$$V_{ijk} = V_{ij} \cdot \pi(k) \quad (13)$$

ただし、 V_{ijk} : ゾーン i - j 間の交通機関 k の交通量

$\pi(k)$: 交通機関 k の分佈率

機関別分佈を定めるモデルとしては次のようなものがある。

① Craft-SARC のモデル

$$\pi(k) = a_0 x (L_{ijk})^{a_1} \quad (14)$$

ただし、 L_{ijk} : ゾーン i - j 間の交通機関 k のサービスレベルの合成ベクトル

a_0, a_1 : パラメータ

② Baumol Quandt (B-Q) のモデル

$$\pi(k) = a_0 (L_{ijk})^{a_1} \cdot (L_{ijk} / L_{ijb})^{a_2} \quad (15)$$

ただし、 L_{ijk} : ゾーン i - j 間の best mode のサービスレベル

③ Molyneux のモデル

$$\bar{z}(k) = C_k L_{ijk}^{a_k} / \sum_x C_k L_{ijx}^{a_x} \quad (16)$$

ただし, C_k, a_x : パラメータ

④ 転換率モデル

これとして混合モードが2種のとき用いられるモデルで、広島都市圏の交通計画で用いられる。

$$\bar{z}(k) = f(L_{ijk} / L_{ijm}) \quad (17)$$

$$= f(L_{ijk} - L_{ijm}) \quad (18)$$

ただし, L_{ijm} : モード別の代替モード

転換率曲線が指数関数と表わされるとすると,

$$\bar{z}(k) = \exp(a_0 L_{ijk} / L_{ijm}) \quad (19)$$

5 交通需要モデル

都市地域内の需要推計では、現在発生、分布、機関別分担の3ステップを経て、ゾーン間の機関別の需要量を求めるているが、次のようなプロセスで Explicit な交通需要モデルに統合することが可能である。

V_{ijk} は (9) 式から求められるので, (9) 式を (13) 式に代入すると

$$V_{ijk} = a_0 \bar{A}_i^{a_1} \bar{A}_j^{a_2} L_{ij}^{a_3} \bar{z}(k) \quad (20)$$

$\bar{z}(k)$ として Craft-SARC のモデルを用いると

$$V_{ijk} = a_0 \bar{A}_i^{a_1} \bar{A}_j^{a_2} L_{ij}^{a_3} \Pi(L_{ijx})^{a_4} \quad (21)$$

L_{ij} を L_{ijk} で表わせば, パラメータを整理すると

$$V_{ijk} = a_0 \bar{A}_i^{a_1} \bar{A}_j^{a_2} \Pi(L_{ijx})^{a_4} \quad (22)$$

$\bar{A}_i, \bar{A}_j$ として (3) 式を用いると

$$V_{ijk} = a_0 \bar{P}_i^{a_1} \bar{E}_i^{a_2} \bar{P}_j^{a_2} \bar{E}_j^{a_4} \Pi(L_{ijx})^{a_4} \quad (23)$$

$\bar{z}(k)$ として B-Q モデルを用いると

$$V_{ijk} = a_0 \bar{A}_i^{a_1} \bar{A}_j^{a_2} L_{ijb}^{a_3} (L_{ijk} / L_{ijb})^{a_4} \quad (24)$$

$\bar{A}_i, \bar{A}_j$ として (3) 式を用いると

$$V_{ijk} = a_0 \bar{P}_i^{a_1} \bar{E}_i^{a_2} \bar{P}_j^{a_2} \bar{E}_j^{a_4} L_{ijb}^{a_3} (L_{ijk} / L_{ijb})^{a_4} \quad (25)$$

$\bar{z}(k)$ として Molyneux のモデルを用いると

$$V_{ijk} = a_0 \bar{A}_i^{a_1} \bar{A}_j^{a_2} C_k L_{ijk}^{a_3} / \sum_x C_k L_{ijx}^{a_3} \quad (26)$$

$\bar{A}_i, \bar{A}_j$ として (3) 式を用いると

$$V_{ijk} = a_0 \bar{P}_i^{a_1} \bar{E}_i^{a_2} \bar{P}_j^{a_2} \bar{E}_j^{a_4} C_k L_{ijk}^{a_3} / \sum_x C_k L_{ijx}^{a_3} \quad (27)$$

$\bar{z}(k)$ として, 転換率モデルを用いると,

$$V_{ijk} = a_0 \bar{A}_i^{a_1} \bar{A}_j^{a_2} L_{ijm}^{a_3} \exp(a_4 L_{ijk} / L_{ijm}) \quad (28)$$

$\bar{A}_i, \bar{A}_j$ として (3) 式を用いると

$$V_{ijk} = a_0 \bar{P}_i^{a_1} \bar{E}_i^{a_2} \bar{P}_j^{a_2} \bar{E}_j^{a_4} L_{ijm}^{a_3} \exp(a_4 L_{ijk} / L_{ijm}) \quad (29)$$

(22), (24), (26), (28) 式が土地利用を説明変数としてゾーン間の機関別の需要量を Explicit に求める需要モデルであり, (23), (25), (27), (29) 式がこれらの具体化の一例である。これらのモデルは既に都市間の需要モデルとして用いられており, 都市内においても発生、分布、機関別分担の各

スナップを踏まなくとも、理論的にはゾーン間の機関別需要量と Explicit に求むことができる。

6 交通需要モデルの概要

従来の3スナップの需要予測モデルと比較して、交通需要モデルの利点も前章と同様になる。

(1) 一つのモデルで簡単に各交通機関の需要量を計算できるため、変数という変えと容易にアウトプットを知ることができる。

(2) 人口行動形態としては、必ずしも発生、分布、機能別分担というスナップを踏むとは限らない。むしろ、交通需要モデルのように交通機関のサービスレベル、各ゾーンの土地利用を変数にして、一義的に定まると考え方が妥当である。

交通需要モデルは、このような利点も持てるにもかかわらず、次のような問題点も存在する。

(1) 交通需要モデルを都市地域に適用した場合、ゾーン数が細かいため、回帰分析に必要なデータが十分得られない恐れがある。

(2) 説明変数が多くなるので、回帰係数の符号が論理的に矛盾する場合も生じる。

(3) 従来の単純化モデルのように、各スナップごとのアウトプットをセッティングすることがない。

7 B-Qモデルの回帰分析

交通需要モデルの一つである(25)式のB-Qモデルの適合度と昭和42年実施された広島都市圏のパーソナリティップの調査データを用いて検証しみることにする。他の交通需要モデルと別々に、 L_{ij} と L_{ijk} を代表させることにし、5番目の変数 L_{ijk} と L_{ijk} に置きかえた。

$$V_{ijk} = a_0 p_i^{a_1} E_i^{a_2} p_j^{a_3} E_j^{a_4} L_{ijk}^{a_5} (L_{ijk} / L_{ijk})^{a_6} \quad (30)$$

対象地域は広島市

表-1 B-Qモデルの回帰分析

() は t 値

市圏の域内(1市13 町)の110ゾーンで、 V_{ijk} は50トリップ以上 あるゾーンベアのみ	交通機関	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	データ数	回帰係数	WRMSD
	乗用車	1.050 (17.26)	0.072 (9.03)	0.071 (8.87)	0.127 (13.76)	0.121 (13.22)	-0.425 (-25.65)	0.856 (2.67)	3383	0.547	51.9
	バス	1.260 (13.51)	0.058 (4.84)	0.060 (5.16)	0.101 (8.83)	0.100 (8.78)	-0.277 (-10.12)	-0.198 (-3.73)	2310	0.356	54.8
	鉄道	1.614 (8.24)	0.027 (1.06)	0.030 (1.26)	0.059 (2.92)	0.071 (3.55)	-0.252 (-2.89)	0.149 (2.53)	555	0.301	47.7

を取り上げ、交通機関は乗用車、バス、鉄道の3種類とし、 L_{ijk} 、 L_{ijk} は所要時間(300分/時)を含んだコスト(円)を用いた。人口の単位は万人である。

(30)式の回帰分析の結果を示す表-1のようになる。これから次のようなことがわかる。

(1) 相関度が一般に低い。

(2) 乗用車の a_0 のパラメータの符号が逆であるが、t値は全く満足している。

(3) バスのパラメータの符号は論理的に正しく、t値も満足している。

(4) 鉄道は a_0 のパラメータの符号が逆であり、 a_2 、 a_3 のt値が低すぎる。

従来の需要モデルでは、各スナップごとに統計学的検定が行なわれ、かなり高い精度が得られることがわかっており、3スナップも既に結果について検定がほとんど行なわれている。この3スナップの結果について検定を行なうと適合度がかなり低くなるはずであり、表-1の結果がそれと比べて特別に悪いとは思われない。広島都市圏の域内は鉄道があまり発達していないため、鉄道利用の回帰分析では域内のゾーンベア約1200のうち回帰の対象となるのはわずか555ゾーンベアであり、(30)のモデルそのものよりもデータの問題が大きいと考えられる。