

数量化理論1-類による貨物車の発生・集中、分布モデルの研究

岐阜大学 正員 加藤 晃
舞鶴工専 〃 田 昭二
岐阜大学 学員 〇上田 直和

1. 研究の概要

近年、都市交通に占める貨物車交通のウエイトは、都市の経済規模の拡大とともに増大し、貨物車交通の需要予測は、都市交通計画のアクセスの中で重要な地位を占めるに至った。従来、貨物車交通を予測するモデルとしては、発生量、集中量を予測する原単位モデル、重回帰モデル、分布量を予測するモデルとしては、重力型モデル、確率モデルなどがある。また、各々物流量から変換させるモデルもある。最近では、東京都市圏で行なわれているように、対象ゾーンを主成分分析等を用いた複数の共通ゾーンに分類し、ゾーン特性を考慮してモデルを作成する傾向がある。本研究では、対象ゾーンを、新たに作成した土地利用指標、交通施設指標、人口指標、その他の指標等によって分類し、各々の指標から発生・集中量、および、分布量を求めようとするものである。

2. 各指標の説明

各指標は、ゾーンの持つ各種経済指標からタイプ分類される。

1). 土地利用指標：各ゾーンの商業床面積、工場・作業場床面積、住居地域面積を、全体の平均値から区別し表-1のように8タイプに分類した。表-1. ゾーン分類のための各指標。

各タイプの持つ意味は、例えば、タイプ2は住居特性、タイプ3は工業特性が特化しているゾーンであることを意味している。今回、対象にした豊田市20ゾーンの場合、各タイプにあてはまるゾーンを表-1の右に掲げた。ゾーン(2)は、各床面積をゾーン面積で割った場合あてはまるゾーンである。

タイプ	商	工	住	ゾーン(1)	ゾーン(2)
TYPE 1	×	×	×	1,2,4,7,9,10,14,17	1,2,3,4,5,7,14,17
TYPE 2	×	×	○	3,5,6,13,15,18,20	6,10,13,15,18,20
TYPE 3	×	○	×	16	16,19
TYPE 4	○	×	×	8	
TYPE 5	○	○	×	19	8
TYPE 6	○	×	○		9
TYPE 7	×	○	○		12
TYPE 8	○	○	○	11,12	11

タイプ	幹道	夜+昼	ゾーン(1)	ゾーン(2)
TYPE 1	×	×	6,10,13,14,18	3,12,15,16,17,
TYPE 2	×	○	8,9,15,16	20,8,9
TYPE 3	○	×	1,4,7,11,12,20	1,2,4,5,6,7,11,
TYPE 4	○	○	2,3,5,17,19	14,18,19

タイプ	夜人	昼人	ゾーン(1)	ゾーン(2)
TYPE 1	×	×	1,3,4,6~10,14,17	1~7,14,16~20
TYPE 2	○	×	2,5,13,20	10,13
TYPE 3	○	○	11,12,15,16,18,19	8,9,11,12,15

※ ○は平均値以上、×は未満。

場合にタイプ2が存在しなかったからである。

2). 交通施設指標：1)と同様に各ゾーンの交通運輸倉庫床面積、幹線道路延長を全体の平均値から区別したもので各タイプに分類した。ゾーン面積で割った場合、幹線道路延長率だけで表わした。

3). 人口指標：1)と同様に各ゾーンの夜間人口と昼間人口とを持って各タイプに分類した。

4). その他指標：以上の他に、そのゾーンを特徴づける指標があれば、それを取りあけるものとし

、豊田市の場合、大工場の有無をとりあげた。

3. 解析の方法と結果

交通量を前述の名指標を用いて推計するため、ここでは、数量化理論Ⅰ類を手法として用いた。モデルの導入、係数の決定には文献(1)、(2)を使用した。数量化理論Ⅰ類を用いた予測式は以下のように表わされる。

$$\hat{Y}_v = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^m \beta_{ij}^{(v)} X_{ij}^{(v)} \quad (v=1 \sim m)$$

ここで、 $\hat{Y}_v$: 推計交通量(外的基準)

$\beta_{ij}^{(v)}$: i要因jカテゴリのウエイト、 $X_{ij}^{(v)}$: i要因jカテゴリに反応するタミー値

外的基準としては、車種別発生、集中量を用いた。車種には、軽貨物車、ライトバン、小型貨物車、大型貨物車の4種を用いた。また、モデルの精度を知るために、重回帰係数R、自由度調整済み相関係数 R^2 、 $R.M.S$ 値、 $W.R.M.S$ 値を計算した。 R^2 は、データ数が少ない場合、追加する要因の有意さを検討するための指標であり、今回のようにゾーン数が少ない場合有効な指標と言える。モデルビルディングとしては、 R^2 が増加するまで名指標を加え、その後、車種別、発着別、ヒーフ、オフピーク別を要因に加えることにした。

1). 車種別発生、集中モデル

表-2. 発生、集中モデル重回帰係数表

要因の寄与の仕方を調べるため、 R^2 が増加するまで名指標(1)~(4)を加えていった。その過程を表-2に示す。ここで、発生量率、集中量率とは、発生量、集中量をゾーン面積で割った値である。表-2から、発生量、集中量モデルには、指標(1)まで加えたもの、発生量率、集中量率モデルには、指標(1)まで要因に加えたものを取りあげた。

外的基準 車種	発生量(上), 集中量(下)						発生量率(上), 集中量率(下)			
	1)+2)		1)+2)+3)		1)+2)+3)+4)		1)+2)		1)+2)+3)	
R	R	R ²	R	R ²	R	R ²	R	R ²	R	R ²
軽貨物	0.770	0.545	0.899	0.772	0.903	0.766	0.998	0.995	0.998	0.995
ライトバン	0.760	0.528	0.885	0.743	0.890	0.733	0.998	0.995	0.998	0.995
小型貨物	0.931	0.851	0.966	0.927	0.972	0.930	0.999	0.998	1.000	1.000
大型貨物	0.928	0.845	0.965	0.918	0.971	0.928	0.999	0.998	1.000	1.000
貨物車計	0.850	0.690	0.860	0.691	0.926	0.819	0.995	0.989	0.998	0.995
	0.841	0.673	0.857	0.685	0.920	0.805	0.993	0.984	0.998	0.995
	0.951	0.893	0.962	0.911	0.970	0.925	0.985	0.967	0.995	0.988
	0.956	0.904	0.964	0.916	0.973	0.933	0.985	0.967	0.994	0.986
	0.926	0.841	0.961	0.909	0.968	0.920	0.998	0.995	0.999	0.998
	0.927	0.843	0.960	0.907	0.967	0.918	0.998	0.995	0.999	0.998

車種別発生量モデルのカテゴリウエイト、および、 R 等の諸値を表-3に掲げる。レンジは、重回帰分析の偏相関係数に相当するものであり、各車種とも土地利用指標が最も大きなウエイトを占めていることがわかる。各車種別には、カテゴリウエイトの大きさから、軽貨物: 商業地域、ライトバン: 商業地域、および、全てに活発な地域、小型・大型車: 商、工業地域に多く発生するものと言える。また、ライトバンは、大工場有無のレンジが大きく、業務交通等の目的に多く使用されているものと考えられる。モデルの精度の点から言えば、軽貨物車の R が低く、軽の行動には他の要因が考えられる。

2). 要因に車種別、発着別をとりいれたモデル

1)の発生量モデルの要因の他に、車種別、発着別をとりいれたモデルのカテゴリウエイト、および R 等の諸値を表-4に示す。車種別、発着別を要因にとりあげたのは、各指標による車種別、発着別構成比がほぼ等しいため、要因に、車種別、発着別をとりいれても各指標の説明能力は、低下しないと考えたためである。土地利用指標の発着別構成比を図-1に示す。

表-3. 車種別発生量モデルカテゴリ-ウェイト表

	カテゴリ	軽貨物	スバル	小型	大型	貨物車計
土地利用指標	TYPE 1	166.5	501.5	-166.2	46.1	547.9
	TYPE 2	-17.9	516.5	-169.0	37.6	367.1
	TYPE 3	282.2	8.0	163.4	79.5	533.2
	TYPE 4	950.3	1694.0	13.0	-42.7	2614.7
	TYPE 5	-228.7	606.2	905.4	1055.2	2338.1
	TYPE 6	-198.0	1268.0	702.6	633.4	2406.1
	Range	1179.0	1686.0	1074.4	1097.9	2247.6
交通指標	TYPE 1	0.	0.	0.	0.	0.
	TYPE 2	-135.0	172.0	17.3	186.5	240.5
	TYPE 3	-47.6	-121.6	-159.7	112.5	-216.4
	TYPE 4	255.6	106.7	-58.6	174.8	478.6
	Range	390.6	293.6	178.0	186.5	695.0
人口指標	TYPE 1	0.	0.	0.	0.	0.
	TYPE 2	-19.4	325.5	79.7	70.3	456.2
	TYPE 3	470.1	380.0	159.3	212.0	1221.4
	Range	489.5	380.0	159.3	212.0	1221.4
	有無	0.	0.	0.	0.	0.
大工場	TYPE 1	78.0	-199.0	445.7	175.2	499.0
	TYPE 2	78.0	199.0	445.7	175.2	499.0
	Range	0.	398.0	0.	0.	0.
	R	0.903	0.972	0.926	0.970	0.968
	R*	0.766	0.930	0.819	0.925	0.920
R等	R.M.S	133.2	131.7	154.9	104.1	353.3
	W.R.M.S	25.5	11.8	25.8	13.0	11.6

表-4. 車種別発生量モデルカテゴリ-ウェイト表

	カテゴリ	ウェイト
土地利用指標	TYPE 1	-5.1
	TYPE 2	-56.2
	TYPE 3	-17.8
	TYPE 4	489.4
	TYPE 5	461.1
	TYPE 6	463.0
交通指標	TYPE 1	0.
	TYPE 2	66.8
	TYPE 3	-60.8
	TYPE 4	116.3
人口指標	TYPE 1	0.
	TYPE 2	118.4
	TYPE 3	300.5
大工場	有無	0.
	有無	126.5
	軽貨物	0.
	スバル	358.9
	小型	49.6
車種	大型	172.7
	発生	0.
	発生	0.9
R等	R	0.806
	R.M.S	687.2
	W.R.M.S	15.1

表-5. 時間別発生量モデルカテゴリ-ウェイト表

	カテゴリ	ウェイト
土地利用指標	TYPE 1	9.5
	TYPE 2	6.9
	TYPE 3	11.5
	TYPE 4	36.2
	TYPE 5	37.5
	TYPE 6	35.2
交通指標	TYPE 1	0.
	TYPE 2	0.6
	TYPE 3	-4.7
	TYPE 4	6.0
人口指標	TYPE 1	0.
	TYPE 2	5.2
	TYPE 3	19.6
大工場	有無	0.
	有無	10.2
	軽貨物	0.
	スバル	20.9
	小型	2.8
車種	大型	10.7
	発生	0.
	発生	1.0
時間	ピーク	0.
	オフピーク	-23.2
	R	0.777
R等	R.M.S	72.8
	W.R.M.S	14.5

※表-1
に該当し
ないゾーンが
存在する時。
くりあげて
9つの番号
とした。

3). 要因にピーク時・オフピーク時をとりいれたモデル

表-5に、ピーク時、オフピーク時発生、集中量を推計するために時間の要因を加えた。この場合、外的基準である発生、集中量をピーク、オフピークに分類し、単位時間当りの発生、集中量に変換して解析を行った。

4). 単帰帰モデル、原単位との比較

3.に述べた数量化モデルと現在一般に利用されている帰帰モデル、原単位との比較を行った。

1). 帰帰モデル

帰帰モデルとしては、次の2式を採用した。 $Y = a + bX \dots (A)$, $Y = aX^b \dots (B)$,
ここで、 X は、ゾーンの経済指標で、次の9種である。(1)夜間人口、(2)昼間人口、(3)商工業従業者数、
(4)工業出荷額、(5)商業床面積、(6)交通運輸+倉庫床面積、(7)工場+作業場床面積、(8)幹線道路延長、
(9)住居地域面積。また、発生量率、集中量率モデルとの比較には、各指標をゾーン面積で割った値を用いた。表-6は、その結果であり、相関係数 r の一番大きいものを掲げてある。(表は、発生量モデルについてのものである。)

2). 原単位

帰帰モデルで使った各指標より原単位を求め推計原単位として、加重平均原単位を用いた。加重平均原単位 G は、ゾーンの原単位 g_i より次式で求まる。 $G = \sum g_i / \sum X_i$, ここで、 n : iゾーンの

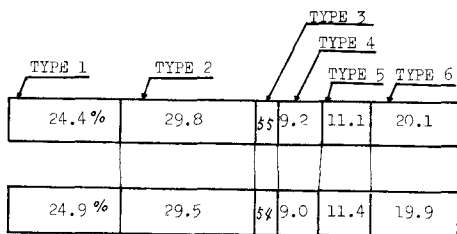


図-1 貨物車計土地利用指標構成比(上:発生、下:集中)

表-6. 帰帰モデル(上:モデル(A), 下:モデル(B))

車種	a	b	r	F	R.M.S	W.R.M.S	X
軽貨物	78.1	216.7	0.62	11.0	189.0	60.4	倉庫+倉庫
	0.49	0.69	0.58	8.9	238.6	76.3	昼間人口
スバル	372.1	88.5	0.89	69.3	198.0	29.6	商業床面積
	0.095	0.96	0.87	56.6	289.1	43.3	昼間人口
小型	174.7	14.8	0.89	71.5	142.3	39.5	工場+作業場
	0.12	0.87	0.86	46.1	197.9	52.3	昼間人口
大型	289.9	0.05	0.87	55.9	164.3	34.1	〃
	0.38	0.77	0.79	30.4	175.3	36.3	〃
貨物車計	543.3	0.13	0.88	61.3	516.0	28.3	〃
	0.86	0.83	0.93	116.6	515.6	28.3	〃

発生, または, 集中量。X: んゾーンの経済指標。 $G = \sum g_i \cdot X_i / \sum X_i$, g_i を代入すると,
 $G = \sum G_i / \sum X_i$, すなわち, 全域を対象とした原単位となる。表-7. 加重原単位 (上: 発生, 下: 集中量)

表-7は, W.R.M.値の一番小さい加重平均原単位を掲げたものである。

3). 比較

表-6, 表-7を表-2と比較すると, 相関係数では,

- 発生量モデル: 数量化モデル > 回帰モデル
- 発生量率モデル: 数量化モデル > 回帰モデル

W.R.M.値の比較では,

- 発生量モデル: 数量化モデル < 回帰モデル < 原単位モデル
- 発生量率モデル: 数量化モデル < 原単位モデル < 回帰モデル

といづれも数量化モデルの方がすぐれている。(比較は, 貨物車計についての時。)

5. 発生, 集中モデルの考察

発生, 集中モデルは, 前述のように現状を把握するにはすぐれていると言えませんが, 将来の需要推計のモデルとしては, 次の2つの問題がある。

1). 例えば, 発生量モデルの要因の組み合わせは, 機械的には $6 \times 4 \times 3 \times 2 = 144$ 通りある。この事は,ゾーン構造を144のパターンに分類し, 交通量を推計するモデルであることを意味する。しかしながら, 今回得られたパターンは, 表-1でもわかるように, わずか7パターン(ゾーン数20)でしかない。これは, 与えられたゾーン区分を使用したため, 数量化モデルを使用するためには, あらかじめ予備調査を行ない, なるべく多くのパターンをとるような効率的なゾーニングが必要である。

2). 2)に関連して, ゾーン構造を144通りに分類できた資料を使用しても, これらの分類は, 都市内の相対的な分類であり, 将来にわたって交通量の変動が生じてきゾーンの質が変化しない場合は, 交通量は増加も変化もしないことになる。この実の解決法としては, 次のような事が考えられる。

a. 将来の都市構造を現在の都市構造を分類した指標値で分類する。これは, 現在の都市構造を分類した商業床面積等の平均値を, 将来分類する時の平均値として用いることを意味する。

b. 発生量, または, 集中量を全床面積, 人口等の指標で割って予測モデルを作成し, 将来の全床面積当り, 人口密度に比例した交通量を推計するようにしておく。

c. 要因の中に交通の弾力性を考慮した変数を取りあげる。

6. 分布モデルについて

分布モデルは, 現在解析中であり, 講演時に結果等発表する予定である。

〔参考文献〕

- (1): 「市場調査の計画と実際」 林知てゐ・村山孝喜 (日刊工業新聞社)
- (2): 「多変量解析とコンピュータープログラム」 守谷栄一・井口晴弘 (日刊工業新聞社)

車種	G	R.M.S	W.R.M.S	X
軽貨物	173.0	191.2	61.1	交通+商業床面積
	7.11	43.9	49.7	商業床面積
	0.067	304.5	45.6	民間人口
トラック	448.9	105.0	56.7	交通+商業床面積
小型	0.036	193.3	53.7	民間人口
	0.04	38.7	54.1	〃
大型	0.048	181.6	37.7	〃
	0.042	33.8	44.9	〃
貨物車計	0.182	656.6	36.0	〃
	1018.9	179.4	42.7	交通+商業床面積