

自動車交通の需要曲線

岐阜大学工学部 正員 加藤 晃
岐阜大学大学院 ○鈴木 清

1. 均衡分析の概要

4段階分析による発生需要の構造モデルは、人口、自動車保有台数、所得などの活動系要因だけに依存しており、それ故、予測の核心はこの固定された発生需要を吸引可能ゾーンと有効経路に分布させる問題であった。このことは、施設容量や走行時間などの施設系要因に完全に非弾力的な需要予測が代替案の作製や供給すべき容量の情報と提供するには有用であるが、量産パターンと代替案の評価が不可能であることを意味している。この欠点を補うために経済学における需要と供給の均衡分析の概念が M. Wohl らによって発生需要の構造モデルに導入された。

需要曲線と弾力性 均衡分析における発生需要の構造モデルは、活動系要因 A_i ($i \in n$) と施設系要因 S_j ($j \in m$) の双方で表わされる需要曲線であり、4段階分析における発生・分布の2段階を包含している。いま、関数形式として対数線型を設定した需要曲線は次式で与えられる。

$$D = f(A, S) = \alpha_0 \prod_{i \in n} (A_i)^{\alpha_i} \prod_{j \in m} (S_j)^{\beta_j} \quad (1)$$

ここで、回帰係数 α_i, β_j ($i \in n, j \in m$) を弾力性と呼び、特に、代替交通機関との補完関係を論じる場合には差差弾力性も含まれる。交通配分過程での需要曲線は、活動系要因からポテンシャル量として予測された量を配分する施設の混雑を反映する施設系要因に応じて減少する右下りの曲線となる。このとき弾力性は、混雑に敏感な度合を意味しており、一般には導関数についての式(1)の偏微分から得られるように説明要因の1%の変化に対する需要の%変化として定義される。すなわち、

$$\alpha_i = \frac{\partial D / D}{\partial A_i / A_i} \quad \text{または} \quad \beta_j = \frac{\partial D / D}{\partial S_j / S_j} \quad (i \in n, j \in m) \quad (2)$$

である。この弾力性の絶対値が1より大のときを弾力的、1以下のときを非弾力的であると言う。

均衡分析 式(1)からわかるように、需要曲線のシフトは活動系の時間的もしくは構造的変化に起因するだけで、配分段階では施設系要因の変化により曲線上を移動するにすぎない。また、 Q/V 式や走行費用関数などの交通量の関数として施設特性 T を象徴した施設系要因の関数は、改良や新設しない限りシフトせず固定され、ただ配分された需要によって曲線上を移動する。これら2つの曲線は交通配分において交わる。この均衡点 (D_e, S_e) は、現実の交通状態に則して、ある限定範囲を有した均衡水準内にあり、唯一性よりも平均性を意味する交点である。

図-1. 需要・供給の均衡分析における均衡点

初期モデル		配分モデル		均衡点
$D = f(A, S)$	→	$D = P f(S)$	→	(D_e, S_e)
$S = g(T, D)$		$S = R g^*(D)$		

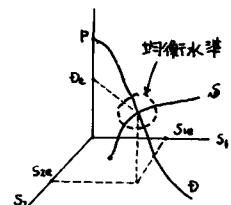


図-2は、施設改良に対して、交通配分の段階での均衡分析における例として、我々の主流である配分ループに分布段階と含まない4段階分析における例を示しているが、配分ループに分布段階を含む場合でも分布需要の割当てがゾーンの混雑に応じて相対的に変化するようにする。

図から明らかのように、4段階分析ではサービス改善だけでなく、均衡分析では需要増加とサービス改善が明示できる。従って均衡分析では、需要の増減を定義する説明要因の弾力性を如何に推定するかが重要となり、より現実的な交通状態を再現しなければならぬ。以下、交通量観測成果表、走行速度調査、凸凹調査の結果を参照して、名古屋市内の全車種自動車を適に適用した弾力性推定までの諸問題を論じる。

2. 交通配分の問題点と対策

施設系要因の関数決定

トリップの生起要因や経路選択要因には、税金などの政策要因や自動車の購入維持のための運営要因が考えられるが、ここでは需要曲線を説明する施設系要因としての走行時間と走行費用だけ考えた。

走行時間を算出するQ/V式は、昭和43、46年度の調査結果から12時間交通についての車線毎のレベル別Q/V式を求めた後、換算係数1.2888を用いて24時間交通に変換した(表-1)。他方、走行費用の関数は単位距離当りの燃料消費額を考え、購入する燃料の単位 μ (円/l)と走行速度の関数として次式で与えた。

$$C = \mu (0.117094 - 0.00147566V + 0.0000147926V^2) \quad (3)$$

これらの関数は、F推定やM推定において有意性を保障されてはいないが更に進んで要時点での調査結果と累積すべきだろう。

道路網と交通発生点の選別

固定量の既存凸凹表を配分する場合、道路網の選別量に応じて容量超過や必要以上の負交通が生ずる。また、面内で生起する需要を単一の交通発生点で代用する場合にも需要量やゾーン面積に応じて交通発生点の近隣で容量超過が、遠方で負交通が生ずる。このような現実から逃れした交通状態を避けるために、予備配分と続けて適宜修正する必要がある。

名古屋市の解析に当っては、幹線街路の全くと補助幹線を定める限りコードした。また、1つの交通発生点から最大トリップを配分しないように、CBDの周辺で等分割のサブゾーンを作り、最終的には市内48ゾーンを69ゾーンに修正し、交通発生点には数本のアクセスリンクを付けた。

有効経路の計算基準

トリップの起終点は運転者毎に異なっており、ゾーン面積と交通発生点との

図-2. 施設改良の効果

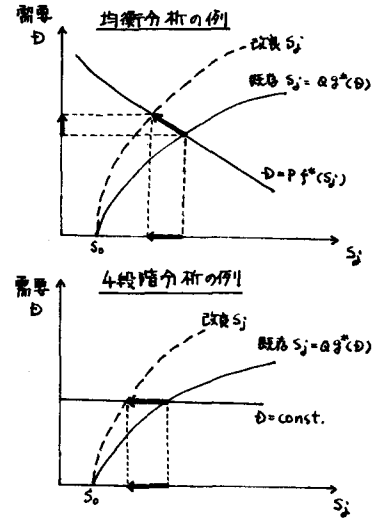


TABLE-1. Q/V CURVES FOR 24HR VOLUMES

LANE	L	V ₀	a	CAPACITY	V ₁
8, 10	1	65.	-0.001910	18300.	30.
	1	50.	-0.001200	20800.	25.
	2	45.	-0.002154	16200.	10.
	3	40.	-0.002631	13700.	4.
6	4	35.	-0.003569	9200.	2.
	1	55.	-0.001959	17900.	20.
	2	50.	-0.002281	17500.	10.
	3	45.	-0.002639	15500.	4.
4	4	40.	-0.002944	12900.	2.
	1	55.	-0.001665	21000.	20.
	2	50.	-0.002159	18500.	10.
	3	45.	-0.002878	14200.	4.
3	4	40.	-0.003609	10500.	2.
	1	55.	-0.001758	19900.	20.
	2	50.	-0.002319	17200.	10.
	3	45.	-0.002641	15500.	4.
2	4	40.	-0.003889	9800.	2.
	1	55.	-0.002015	19800.	15.
	2	50.	-0.002673	16500.	6.
	3	40.	-0.002651	13600.	4.
1	4	35.	-0.004859	6800.	2.
	1	45.	-0.001020	24500.	20.
	2	40.	-0.001824	16400.	10.
	3	30.	-0.002885	9000.	4.
ACCESS	25.	0.000000	99999.	25.	

NOTE: IF VOLUMES PER LANE(X) WERE GREATER THAN CAPACITY, THEN $V_X = V_1$, OTHERWISE $V_X = V_0 + aX$.

関連において all-or-nothing の仮定にも限界がある。然るに、複数経路樹を直接考慮する場合には計算時間が莫大になる。従って、ある程度ゾーン面積を縮小すれば、同時に複数経路を考える増加配分法や平均配分法などの制約配分による最短経路法で十分目的を果たすことができる。何れにせよ使用する計算機の能力や外部記憶装置の有無に依存して選択すれば良く、むしろ「コーディング」を慎重に行なうべきである。ここでの解析は走行時間と経路探索基準にして上記最短経路法に従った。

〇む表の誤差 自動車登録台数と主体とし

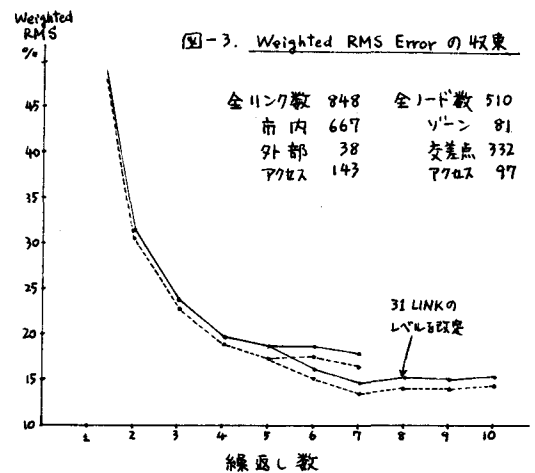
た標本抽出と拡大係数の使用から、調査〇む表が均衡水準内にある現実の交通状態と反映しているとは断言できない。このため、増加配分法で予備配分も実行した結果、表-2と得た。これらの解析結果は、CBD付近で食交通が著しいため、CBDを1.25倍、西区1と東区1,2を1.22倍、ユードン2を1.15倍し、他の地域は全て1.20倍して修正した。尚域内需要はサブゾーンで処理する他は無視した。

配分結果の検定 予備配分後、数回、平均配分法による配分を実行したが、重み付けのRMS誤差の合計が18%を下回らなかった。これは最短経路法の限界としてよりも、 α/ν 式のレベル区分に起因すると思われる。5回目の繰返しの結果を用いて一部リンクのレベルを変えた後配分を続けたら誤差が図-3のように減少した。最良の結果を与えた7回目の繰返しに対する検定結果を表-3に示す。

TABLE-2. COMPARISON OF INCREMENTAL ASSIGNMENT

CASE	SCREEN	200-PT.	170-PT.	NOTE
1 MEASURED	376095	5957250	5604708	799LINK
	ASSIGNED	308649	4870038	491NODE
	FACTOR	1.2185	1.2232	80ZONE
	PC.RMS		32.94	31.77
2 MEASURED	376095	5957250	5604708	811LINK
	ASSIGNED	308725	4840090	496NODE
	FACTOR	1.2182	1.2308	1.2219
	PC.RMS		32.94	31.11

NOTE: SHOWS /24HR-VOL/=1.2888*/12HR-VOLIMES/



COMPARISON OF OBSERVED AND ASSIGNED LINK VARIABLES (7=TH ITERATION)

* REGRESSION: IMASURED1= 1.0019816*1ASSIGNED1, $\alpha = 45.15$
 $F(198) = 2994.58$ $SIGMAHAT = 4511.58$

TOTAL MEASURED VOLUME 5957250.
 TOTAL ASSIGNED VOLUME 5808821.

GROUP RANGE	SECTION	AVERAGE	AVERAGE	RMS ERROR	PERCENT	WEIGHTED
		ASIGN	DIFF.		RMS ERR	RMS ERR.
0.0- 0.5	10	3187.	-326.	2013.	70.36	0.34
0.5- 1.0	16	8294.	-659.	3503.	45.89	0.94
1.0- 1.5	27	11244.	863.	3786.	31.27	1.72
1.5- 2.0	12	16671.	815.	4462.	25.52	0.90
2.0- 2.5	19	19970.	2597.	4480.	19.85	1.43
2.5- 3.0	25	25964.	1232.	3642.	13.39	1.53
3.0- 3.5	16	30476.	2545.	4745.	14.37	1.27
3.5- 4.0	25	38101.	-651.	4022.	10.74	1.69
4.0- 4.5	12	42026.	-212.	4672.	11.17	0.94
4.5- 5.0	12	48684.	-1416.	5598.	11.84	1.13
5.0- 5.5	8	52889.	308.	3780.	7.10	0.51
5.5- 6.0	6	57530.	60.	6680.	11.60	0.67
6.0- 6.5	5	57919.	3854.	8833.	14.23	0.74
6.5-	7	75036.	3143.	6394.	8.18	0.75
TOTAL	200	29044.	742.	4443.	15.08	14.55

4. 弾力性の推定

弾力性を推定する回帰分析において、施設系要因の弾力性が零であるとの帰無仮説をも検定で棄却できるならば、需要供給の均衡分析が正当化できる。この場合、施設系要因の推定はできる限り現実的な交通流パターンによらねばならない。そこで検定結果の良かった7,8回目の結果を用いて、時間による最短経路上でのゾーンペア間の走行時間、費用、距離を求めた。需要曲線のモデル作製に際しては、活動系要因の資料不備から、区単位の大ゾーンの人口、生産・販売額、自動車保有台数の諸値から得られるポテンシャル需要を大ゾーンとゾーンとの住宅、工業、商業、農林の土地利用面積割合で分配する構造を考えた。弾力性の推定に対して変数減少法による回帰分析を適用したところ、施設系要因の間で、また人口と自動車保有台数との間で重共線性が生じて逆符号や特異状態に至り、最終的に次のようなモデルが得られた。

$$\begin{aligned} \text{モデル 1-1. } D_{ijk} &= k_{11} (Y_i Y_j)^{\alpha_1} (W_i W_j)^{\alpha_2} \left(\frac{K_{ik} + K_{jk}}{K_i + K_j} \right)^{\alpha_3} \left(\frac{M_{ik} + M_{jk}}{M_i + M_j} \right)^{\alpha_4} \left(\frac{N_{ik} + N_{jk}}{N_i + N_j} \right)^{\alpha_5} (C_{ijk})^{\beta_j} \\ \text{1-2. } D_{ijk} &= k_{12} (Y_i Y_j)^{\alpha_1} (W_i + W_j)^{\alpha_2} \left(\frac{K_{ik} + K_{jk}}{K_i + K_j} \right)^{\alpha_3} \left(\frac{M_{ik} + M_{jk}}{M_i + M_j} \right)^{\alpha_4} \left(\frac{N_{ik} + N_{jk}}{N_i + N_j} \right)^{\alpha_5} (C_{ijk})^{\beta_j} \end{aligned} \quad (4)$$

ただし、 D_{ijk} : 大ゾーン i , j 間の k 番目と l 番目のゾーン間の需要(台)と走行費用(円)

Y_i : 大ゾーンの工業製品出荷額、卸売・小売・飲食店販売額の和(億円)

W_i : 大ゾーンの自動車保有台数(台)

K_{ik}, M_{ik}, N_{ik} : 大ゾーンの k 番目のゾーンの工業、商業、農林区分の面積(ha)

$K_i = \sum_k (K_{ik}), M_i = \sum_k (M_{ik}), N_i = \sum_k (N_{ik})$

走行時間の弾力性を推定するために、モデル2として、走行費用と距離を除いて上記と同じ計算を行ったが、活動系要因の選択には変化がなかった。これらの計算結果を表-4に示したが、定義から判るように弾力性の値は、説明要因の相対的選択よりも要因それ自身と需要との関係に依存している。最後に、本論文では需要曲線の弾力性推定の過程を要約的に述べたが、本来的な分析のあり方からすれば単なる昭和43年度の横断面分析にすぎないが、名古屋市内の全車種自動車交通が施設系要因に對して非常に弾力的であり、街路計画の評価において均衡分析の適用が必要であると結論できる。

TABLE-4. ESTIMATED ELASTICITY FOR EACH MODEL CASE

MODEL	ITER	CONSTANT	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	β_j	F-VAL
1-1	7	4.279920	0.08789545 (3.538)	0.4254574 (6.276)	1.101054 (19.996)	0.1097433 (3.444)	-0.1213106 (-2.316)	-1.891422 (-42.66)	550
	8	4.611274	0.00709126 (4.253)	0.4039337 (5.965)	1.035714 (19.802)	0.1261457 (3.964)	-0.1157497 (-2.214)	-1.901234 (-42.51)	553
1-2	7	4.244736	0.1511173 (4.908)	0.7944293 (5.911)	1.101953 (20.165)	0.1116961 (3.531)	-0.1103653 (-2.121)	-1.939280 (-44.33)	560
	8	4.546546	0.1940063 (5.271)	0.7607779 (5.671)	1.039033 (19.973)	0.1253996 (4.067)	-0.1043945 (-2.012)	-1.951671 (-45.02)	565
2-1	7	0.6326245	0.09271457 (3.924)	0.5275440 (7.561)	1.161690 (20.494)	0.1337561 (4.212)	-0.1664424 (-3.037)	-1.331011 (-40.56)	506
	8	0.7948676	0.09437669 (3.997)	0.5203512 (7.461)	1.155745 (20.397)	0.1427785 (4.336)	-0.1676643 (-3.112)	-1.378002 (-40.60)	507
2-2	7	0.3376647	0.1834035 (4.304)	1.012521 (7.319)	1.163157 (20.627)	0.1411249 (4.306)	-0.1554996 (-2.897)	-1.935611 (-42.55)	513
	8	0.5139539	0.1869279 (4.902)	0.9975064 (7.216)	1.157104 (20.537)	0.1453482 (4.435)	-0.1566491 (-2.922)	-1.933283 (-42.62)	514