

ゾーン生成交通とゾーン生成トリップ数分布モデルに関する研究*

ON THE PRODUCTION TRIPS BY ZONES AND A MODEL OF THE FREQUENCY
DISTRIBUTION OF THE TRIP PRODUCTION BY ZONES

河野雅也・橋本武***

By Masaya KAWANO and Takeshi CHISHAKI

The relationships between the production trips and the generating trips are investigated in order to understand the interactive structure of them in detail. The frequency distribution of the trip production by zones, which links the trip production and the trip generation together in a more systematic way, is successively discussed and a model of the trip production by zones is proposed on a basis of the frequency distribution based on the person trip survey in North Kyushu districts.

1. まえがき

パーソントリップにおける発生交通量は、対象区域を細分化した、あるゾーンを起点とするトリップの総数であり、このゾーンの交通からみた活性度を表す一つの重要な指標がある。また、交通需要の予測を行なう際には、発生交通量は分布交通量を規定する機能を有し、この結果、さらには以降の段階である分布交通量、配分交通量にも影響を及ぼす。したがって、発生交通量の予測は、交通需要予測の中でもとりわけ重要な課題であるといえる。

従来の発生交通量予測の考え方には、交通需要予測の第1段階としていさなり発生交通量を検討するものと、まずは対象区域内で発生する総トリップ数

をあらかじめ生成交通量を考え、このとの関連において発生交通量を求めようとするものの2つがある。前者はトリップ発生法、後者はトリップ生成法と呼ばれるが、全体的な社会経済状況を反映させるなどの点においてトリップ生成法の方がより本質的な現象把握が可能である。したがって、我国における多くの都市圏ではトリップ生成法の考えをもとにし、まずは生成交通量を考え、つぎに生成交通量との関連を考慮しつつ発生交通量を考えるという手法が採られている。

しかし、実際の生成交通量と発生交通量との関係は、発生交通量のゾーン総和と生成交通量と等しい、あらかじめ発生交通量を予測モデルから求め、この総和と生成交通量と一致するように発生交通量を修正するという程度に過ぎない。これは、精度よい生成交通量モデルの構築を行なっても、この意義は大きくないと言わざるを得ない。また、量的に正確な発生交通量の総和=生成交通量という関係が成

* キーワズ：交通生成、交通需要分析

** 正会員 工学 九州大学助手 工学部土木工学科

*** 正会員 工学 九州大学教授 工学部土木工学科
(〒812 福岡市東区箱崎6-10-1)

立するが、トリップの性質からみるに必ずしもそうではない。すなわち、生成交通量は居住地をベースに捉えられるものであるが、発生交通量はトリップチェーンを分解して個々のトリップが有する起点をベースにしている。換言すれば、生成交通量は個人属性を中心に規定されるものであるのに対し、発生交通量はゾーンの諸特性に大きく支配されるといえよう。よって、生成交通量と発生交通量とは、その行動ベースが異なるといえ、これを無視して、発生交通量の総和＝生成交通量と単純に処理することは疑問が残る。

以上の認識に立ち、本研究は生成交通量と発生交通量との関係を把握し、両者より有機的な結合方法を見出せんとするものであるが、その中、全域の生成交通量と発生交通量との極度的な役割を担うゾーン生成交通量に関して報告するものである。

2. 生成交通量と発生交通量との関係把握

本章では、昭和47年北部九州圏バーセントトリップ調査データ³⁾をもとに生成交通量と発生交通量との間の関係を探るが、Bゾーンレベル(市已町村単位)を対象とする。これは、ゾーン分割を大きくすると、量的にも質的にもあるゾーンの生成交通量＝発生交通量となり、明瞭な関係がみられること、発生交通量モデルの実際のゾーンは市已町村単位以下であることによる。なお、対象地域は北部九州圏全域ではなく、図-1に示す福岡都市圏である。

まず、PT調査データより生成ゾーンすなわち交通行動を行なう人の居住地ゾーンを定め、発生ゾ

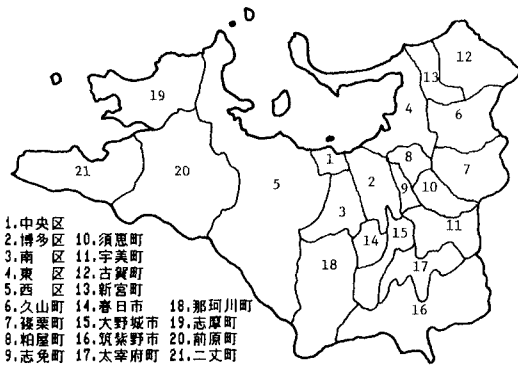


図-1 福岡都市圏Bゾーン図

表-1 交通目的とその内容

交通目的	トリップの内容
1. 通勤	勤務先への出勤トリップ
2. 通学	通学先への通学トリップ
3. 業務1	販売・配達、作業・修理、打合せ・会議等
4. 業務2	農耕・漁業作業のためのトリップ
5. 私用1	買物、社交・娯楽、食事、レクリエーション等
6. 私用2	私事・用務等のトリップ
7. 帰宅1	通勤、通学先からの帰宅トリップ
8. 帰宅2	帰宅1を除くすべての帰宅トリップ

発生 ゾーン	1	...	j	...	n	列和
1	X_{ij}					P_i
...						
1						
...						
m						
行和	G_j					

図-2 P-G表

ンすなわちある交通目的(表-1参照)のトリップする際の起点とするトリップ数 X_{ij} を算出した。本研究では、 X_{ij} を要素とする表をP-G表(Production-Generation Table)と称し、その形式は図-2のとおりである。図中において、 P_i はゾーンiの生成交通量、 G_j はゾーンjの発生交通量を示しており、

$$P_i = \sum_{j=1}^n X_{ij}, \quad G_j = \sum_{i=1}^m X_{ij} \quad (1)$$

である。 m は生成ゾーン数、 n は発生ゾーン数である。

具体的なP-G表は膨大であるので、ここでは割愛するが、表-2にBゾーン平均の自ゾーン発生率 x_{ii}/P_i (%)、および自ゾーン生成率 x_{ii}/G_i

表-2 自ゾーン発生率と自ゾーン生成率

目 的	自ゾーン発生率		自ゾーン生成率	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
全目的	68.56	6.91	80.32	11.46
通勤	98.72	0.72	99.04	1.09
通学	98.60	0.70	99.27	1.07
業務1	37.69	11.45	57.67	13.07
業務2	96.96	4.39	94.35	15.82
私用1	76.97	5.97	87.60	10.49
私用2	76.88	6.25	85.10	10.84
帰宅1	51.52	7.56	66.97	15.47
帰宅2	67.93	11.43	77.76	11.37

(%)を示した。これをみると、全目的の自ゾーン発生率からは平均的なゾーンで生成したトリップのうち約69%が自ゾーンで発生地とすることになり、一方の自ゾーン発生率からは平均的なゾーンで発生するトリップのうち約80%が自ゾーンで生成したものであることがわかる。また、表から明らかなように自ゾーン発生率、生成率はともに交通目的ごとに異なるが、これ以外における値の大小の傾向は両者が概ね同じであるといえる。すなわち、居住地をベースとする通勤、通学、業務2では両者

の値がほぼ100%であるが、従業地をベースとする業務1では8%と低い。また中間的なものが私用1、2、帰宅1、2である。また、P-氏表とαとのみから交通目的の違いによる発生状況やゾーンの結果も読みとることが出来る。

以上のことから、交通目的ごとに生成交通量と発生交通量の関係は果たるといえる、両者間からなる検討あるいはモデル化においては、交通目的別に議論を進めていく必要がある。しかし、通勤、通学および業務2に関しては、あるゾーンの生成交通量＝

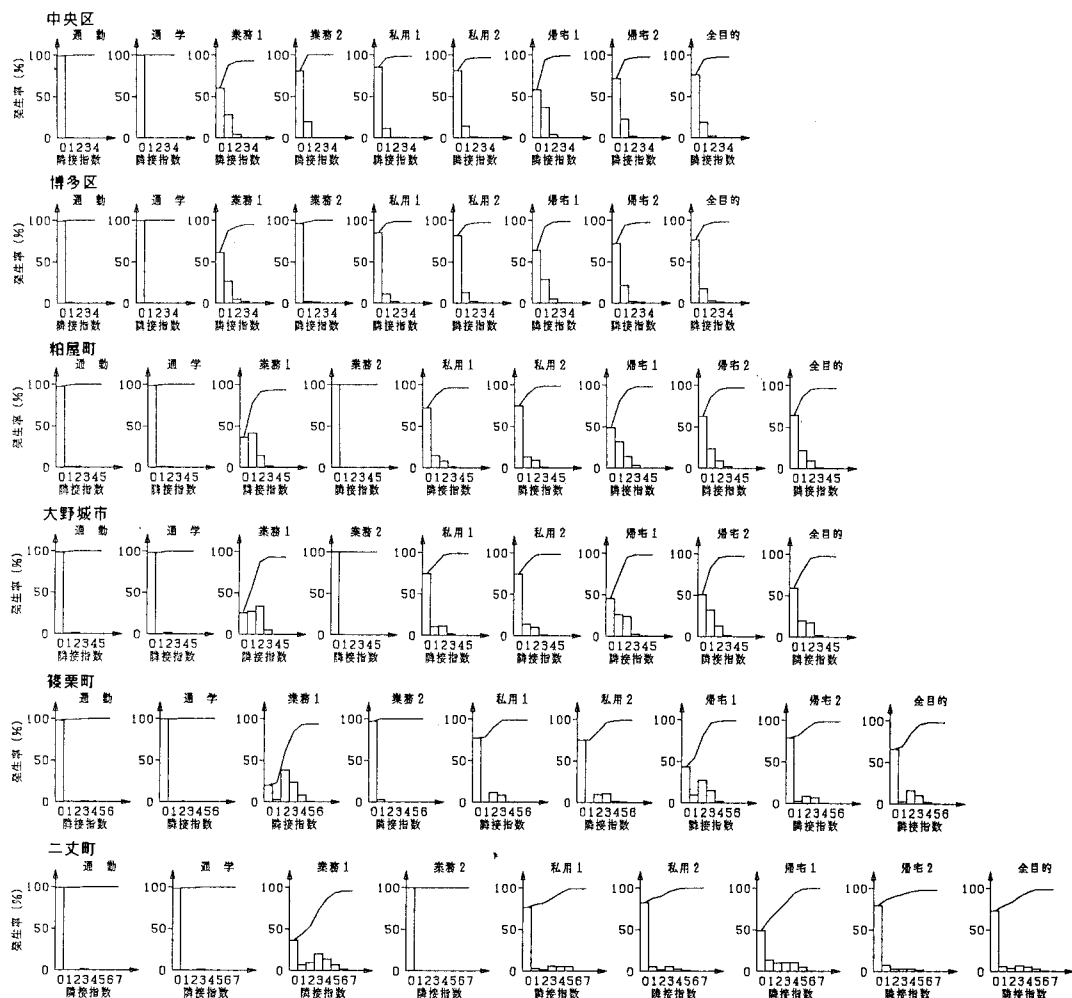


図-3 発生トリップのゾーン分布状況

発生交通量の関係が質的、量的に成り立つから、このようにしては生成交通量のみの検討で十分であると考える。

次に、あるゾーンを生成したトリップがその周辺ゾーンのいずれから発生するものという発生トリップのゾーン分布状況(発生状況)について検討を加えた。周辺ゾーンの定義にはいくつかのものを考えるが、ここでは隣接指数⁴⁾をもとに周辺ゾーンを対象とする。図-3に発生状況を示したが、隣接指数0は自ゾーン発生率を示しており、また実線は累積発生率を表している。図中の中央区と博多区は都心部、篠栗町と二丈町は郊外部、そして粕屋町と大野城市はその中間部の代表地域として挙げている。

図-3中の隣接指数の最大値は、全目的における最大の隣接指数であるが、これをもとに判断すれば、都心部から郊外部へ移るにしたがい、生成ゾーンと最遠発生ゾーンとの距離差が大きくなるをいえる。すなわち、郊外部の発生状況は都心部のそれと比べ、面的により大きな広がりをもっていることがわかる。

また、図より都心部では隣接指数の増加とともに発生率が単調に減少するのに対し、郊外部、中間部では必ずしも単調減少ではないという特色が読みとれる。たとえば、二丈町の業務土曜日はその例である。これは周辺ゾーンの分布状況を反映したものであり、郊外部では近隣の都心部のようなゾーン活性度の高いゾーンが存在しないためである。

一方、交通目的別の発生状況は各地域を通して概ね同じであり、よって交通目的別発生状況は空間軸上においては比較的安定したものであるといえる。

以上より、生成交通量と発生交通量との関係は地域的に異なるものであることがわかり、両者の関係をモデルなどで構造的に把握する場合、地域特性を何等かの形で組み込む必要があると考えられる。また、発地を効用理論などに援用し、選択モデルとして構築するような場合、発地の代替案集合の設定が大きな問題となるが、図4の発生状況は、この設定が各生成ゾーンに共通ではなく、生成ゾーンの特性を踏まえた設定法が必要であることを示唆している。

3. ゾーン生成交通量モデル

前章の検討を踏まえれば、発生交通量の総和とレ

て生成交通量を捉えるという方法は、本質的に生成交通量を思慮したことにちがいない。なぜならば、発生交通量 α 総和=生成交通量という量的関係だけでなく、現象面でも生成交通量と発生交通量は深く関係しているからである。したがって、生成交通量モデルを検討する意義をより一層大きくするためには、この現象も考慮しなければならぬ。しかし、通常の生成交通量モデルが対象とする圏域全体では発生交通量との関連が扱えにくく、先の議論を踏まえ、さらに行動ベースを共通にするという点から判断すれば、ゾーンレベルにおける生成交通量モデルを作成することが妥当であるといえよう。本研究では、圏域全体を対象とする生成交通量モデルと全域生成交通量モデル、ゾーンを対象とするものをゾーン生成交通量モデルと称することとする。全域生成交通量モデルと発生交通量モデルとの間にゾーン生成交通量モデルを介在させることにより、生成交通量と発生交通量とがより有機的に結合することになり、さらに生成交通量を検討する意義がより明瞭になる。

全域生成交通量モデルについては、すでに数多くの研究が発表されている。しかし、ゾーン生成交通量モデルに関しては議論がなされておらず、本章においてその検討を行う。

ここで検討するゾーン生成交通量モデルの基本的な考え方は、著者が提案している生成トリップ数分布をもとに全域生成交通量モデル^{4),5)}に準拠するものである。すなわち、生成ゾーン別生成トリップ数 i ($i=0,1,\dots,I$; I は最大生成トリップ数)と交通目的 j ($j=1,\dots,J$; J は交通目的数)の同時確率 $q_{ij}^{(m)}$ ($m=1,\dots,M$; M は生成ゾーン数)を考えることにするが、全域生成との関係から $q_{ij}^{(m)}$ に関して以下(2通り)の定義が可能である。

$$\sum_{m=1}^M q_{ij}^{(m)} = p_{ij} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \sum_{m=1}^M q_{ij}^{(m)} w_m &= p_{ij} \\ \sum_{ij} q_{ij}^{(m)} &= 1, \quad \sum_m w_m = 1 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここで、 p_{ij} は全域の (i,j) 同時確率(全域生成トリップ数分布)である。式(2)は、生成ゾーン m の活性度に応じて生成量の多寡を初めから $q_{ij}^{(m)}$ に反映

させる方法である。これに対し、式(3)は、生成ゾーン m をある一つの圏域のように扱って $q_{ij}^{(m)}$ を求め、この後に生成ゾーン m の活性度を表す重み係数 w_m を乗ずるという方法である。前者は、全域との関連が直接的に反映されるが、モデル化が容易ではない。後者は、重み係数 w_m も同時に考慮しなくてはならないという問題はあるものの、 $q_{ij}^{(m)}$ の持つ意味が P_{ij} と同じであり、したがってモデル化が比較的容易であるといえる。そこで、本研究では式(3)を採用することとし、 $q_{ij}^{(m)}$ をゾーン生成トリップ数分布と呼ぶことにする。

ゾーン生成トリップ数分布 $q_{ij}^{(m)}$ は、総人口の都府県別と割合するが、表-3にゾーン生成トリップ数分布から計算される交通目的別の生成原単位を示した。

表-3 交通目的別生成原単位 (トリップ/人・日)

No	通 勤	通 学	業務1	業務2	使用1	使用2	帰宅1	帰宅2	全目的
1	0.3069	0.2297	0.2942	0.0008	0.4726	0.2611	0.4628	0.5967	2.6248
2	0.3142	0.2230	0.3418	0.0099	0.3971	0.2185	0.4859	0.5636	2.5540
3	0.3386	0.2545	0.3131	0.0038	0.4153	0.2320	0.5202	0.5274	2.6049
4	0.3326	0.2746	0.2485	0.0132	0.3999	0.2293	0.5201	0.5005	2.5187
5	0.3061	0.2583	0.3182	0.0447	0.3870	0.2273	0.4951	0.5525	2.5892
6	0.3955	0.2109	0.2378	0.0776	0.2062	0.1444	0.5159	0.3773	2.1658
7	0.3761	0.2305	0.3048	0.0603	0.3741	0.2389	0.5121	0.5451	2.6419
8	0.3632	0.2403	0.4423	0.0455	0.4477	0.2427	0.5217	0.5658	2.8692
9	0.4053	0.2457	0.4818	0.0185	0.4263	0.2208	0.5609	0.5597	2.9190
10	0.4040	0.2159	0.3792	0.0231	0.3679	0.2023	0.5393	0.5150	2.6467
11	0.3908	0.2330	0.3639	0.0225	0.4133	0.2082	0.5603	0.5218	2.7138
12	0.3426	0.2439	0.3742	0.0855	0.4209	0.2376	0.5352	0.6195	2.8594
13	0.3259	0.2610	0.3953	0.0904	0.4931	0.2623	0.5364	0.6922	3.0566
14	0.3476	0.2593	0.3945	0.0079	0.4272	0.2098	0.5374	0.5061	2.6898
15	0.3514	0.2361	0.4677	0.0173	0.3747	0.2404	0.5280	0.5377	2.7493
16	0.3068	0.2681	0.3448	0.0442	0.3157	0.2359	0.4963	0.5071	2.5189
17	0.3361	0.2577	0.3553	0.0307	0.3224	0.2245	0.5098	0.4612	2.4977
18	0.3181	0.2358	0.2099	0.1125	0.2117	0.1201	0.5044	0.3947	2.1072
19	0.2249	0.2555	0.2097	0.3920	0.3794	0.2387	0.4383	0.9601	3.0986
20	0.2414	0.2694	0.3447	0.1598	0.3252	0.1822	0.4659	0.6404	2.6290
21	0.2562	0.2675	0.2571	0.1944	0.3966	0.1698	0.4922	0.6392	2.6730

これを見ると、Bゾーンほど交通目的別生成原単位が変動することになるが、特に業務2、帰宅2などの変動が大きい。生成原単位が生成トリップ数分布の平均値であることも考えれば、以上のことから、ゾーン生成トリップ数分布は各生成ゾーンの特性を反映して個々に果たるといえる。若干の検討の結果、この差異は全域生成の場合と同じく、年齢、職業、性別などの個人属性の人口構成比分布の相関によるものだと判断された。したがって、 $q_{ij}^{(m)}$ は同一の概念でモデル化が可能であるといえ、全域生成トリップ数分布モデルの考え方を流用すれば、 $q_{ij}^{(m)}$ は以下のように表わされる。

$$q_{ij}^{(m)} = \left(\sum_{k=1}^K x_{ijk} \lambda_k \right)^\alpha \cdot \left(\sum_{l=1}^L y_{ijl} \mu_l \right)^\beta \cdot \left(\sum_{h=1}^H z_{ijh} \nu_h \right)^\gamma \quad (4)$$

ここで、 x_{ijk} :性別別カテゴリ($k=1, \dots, K$; K は性別カテゴリ数)の (i, j) 同時確率、 y_{ijl} :年齢別カテゴリ($l=1, \dots, L$; L は年齢カテゴリ数)の (i, j) 同時確率、 z_{ijh} :職業別カテゴリ($h=1, \dots, H$; H は職業カテゴリ数)の (i, j) 同時確率、 $\lambda_k^{(m)}$, $\mu_l^{(m)}$, $\nu_h^{(m)}$:生成ゾーン m (Bゾーン単位)における性別別カテゴリ、年齢別カテゴリ、職業別カテゴリの若人口構成比であり、

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i,j} x_{ijk} &= \sum_{i,j} y_{ijl} = \sum_{i,j} z_{ijh} = 1 \\ \sum_k \lambda_k^{(m)} &= \sum_l \mu_l^{(m)} = \sum_h \nu_h^{(m)} = 1 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

が成立する。 x_{ijk} , y_{ijl} , z_{ijh} は個人の交通行動にもとづくものがあり、時間的、空間的にとは変化しないと考えられ、ここでは北部九州圏域における値を用いることにする。

式(4)中の α , β , γ はモデルパラメータであるが、両辺の次元の意味を考慮すれば、

$$\alpha + \beta + \gamma = 1 \quad (\alpha, \beta, \gamma > 0) \quad (6)$$

が成立しなくてはならない。この設定には2通り考えられ、第1法は分散分析における分散比を用いて外生的に与える方法、第2法は式(4)を回帰式と看做し、最小自乗法等で推定する方法である。パラメータ値の大小により、式(4)の持つ意味が果たるといえる。この設定には注意を要するが、今回は両法について検討し、比較してみた。

なお、第1法では分散分析における分散比を用い、全域における値つまり $\alpha=0.392$, $\beta=0.253$, $\gamma=0.355$ を全Bゾーンで共通とした。表-4は、提案モデルの適合度と第2法によるパラメータを示したものである。第1法における重相関係数をみると、最も適合度の悪いゾーン19でも $R=0.9671$ であり、全体的にモデル精度の低下は小さいといえる。第2法によるパラメータ設定では、概ね $\alpha=\beta=\gamma=1/3$ といえるが、生成ゾーンの

表-4は、提案モデルの適合度と第2法によるパラメータを示したものである。第1法における重相関係数をみると、最も適合度の悪いゾーン19でも $R=0.9671$ であり、全体的にモデル精度の低下は小さいといえる。第2法によるパラメータ設定では、概ね $\alpha=\beta=\gamma=1/3$ といえるが、生成ゾーンの

表-4 モデルの適合度とパラメータ

ゾーン	第 1 法			第 2 法			
	R	R.M.S.	α	β	γ	R	R.M.S.
		$\times 10^{-2}$					$\times 10^{-2}$
1	0.9944	0.2807	0.3192	0.3254	0.3553	0.9944	0.2801
2	0.9957	0.2473	0.3187	0.3388	0.3475	0.9957	0.2462
3	0.9983	0.2216	0.3399	0.3366	0.3265	0.9983	0.2212
4	0.9979	0.2354	0.3340	0.3367	0.3293	0.9978	0.2369
5	0.9985	0.1546	0.3270	0.3362	0.3368	0.9985	0.1555
6	0.9984	0.1770	0.3347	0.3303	0.3350	0.9984	0.1755
7	0.9963	0.2282	0.3349	0.3364	0.3287	0.9963	0.2273
8	0.9900	0.4387	0.3360	0.3331	0.3309	0.9900	0.4394
9	0.9932	0.3160	0.3478	0.3323	0.3199	0.9932	0.3156
10	0.9937	0.3456	0.3293	0.3321	0.3386	0.9938	0.3455
11	0.9951	0.2766	0.3219	0.3409	0.3372	0.9950	0.2785
12	0.9937	0.3195	0.3226	0.3330	0.3344	0.9937	0.3194
13	0.9887	0.4307	0.3276	0.3290	0.3434	0.9886	0.4313
14	0.9964	0.2305	0.3360	0.3250	0.3389	0.9963	0.2319
15	0.9970	0.2367	0.3308	0.3331	0.3362	0.9970	0.2366
16	0.9950	0.2648	0.3314	0.3351	0.3336	0.9951	0.2642
17	0.9942	0.2883	0.3563	0.3433	0.3004	0.9942	0.2885
18	0.9709	0.6707	0.3815	0.3435	0.2750	0.9707	0.6718
19	0.9671	0.7115	0.3231	0.3057	0.3711	0.9669	0.7135
20	0.9875	0.4366	0.3117	0.3190	0.3693	0.9877	0.4304
21	0.9813	0.5077	0.3170	0.3262	0.3568	0.9814	0.5052

(注) R=重相関係数, R.M.S.=RMS誤差

特性を反映して微妙に異なる。また、適合度も第1法と同様に高い。したがって、両法いずれによってもモデル化にもなる精度低下は小さく、ここに全域生成トリップ数分布モデルをゾーン生成トリップ数分布モデルへとそのまま適用する妥当性を見出すことができよう。

モデル精度低下が小さいことは前に触れたが、ゾーン全体から見て強いて適合度の悪いゾーンを挙げれば、那珂川町(18)、志摩町(19)、前原町(20)、二丈町(21)などである。モデル精度の低下が何に起因するかは、さらなる検討を要しなければならないが、これらのゾーンが郊外部に位置することや考えれば、ゾーン活性度の低い地域においてモデル精度の低下が生じると推察される。

第2法は、「残差平方和を最小にする」という基準の下でパラメータを推定するものであるから、一般的に適合度は第1法よりも高いと考えられる。しかし、実際にはその逆の結果になっているケースも見られる。これは、最適パラメータが必ずしも式(6)を満足しないか、式(6)を制約条件にパラメータを推定したことによる弊害と思われる。したがって、提案モデルにおいては第2法は必ずしも最適値としてのパラメータを与えるとは限らないことに注意を要する。

4. あとがき

本研究は、従来の生成交通量と発生交通量との関係把握が不十分なため、両者を有機的結合せよと述べていたという問題認識に基づき、生成交通量と発生交通量の概略的關係について論じたものである。その結果、生成交通量と2つの観点、すなわち全域生成とゾーン生成が捉え、ゾーン生成交通量を全域生成交通量と発生交通量との間に存在させることにより、生成交通量と発生交通量をより有機的結合できることが明らかにされた。また、この考えに基づき、生成トリップ数分布概念をもとにゾーン生成交通量モデルについて検討し、一応妥当な結果を得た。

しかし、ゾーン生成交通量と全域生成交通量との関係、ゾーン生成交通量モデルと発生交通量モデルとの関係が明らかにするところの問題点が残っており、今後にはこれらを中心課題とし、さらに生成交通と発生交通の関係把握に努める所存である。

参考文献

- 1) 櫻木・河野・平田：パーソントリップにおける生成トリップ数分布モデルに関する研究(土木学会論文集投稿中)。
- 2) 佐佐木：都市交通計画，国民科学社。
- 3) 北部九州圏パーソントリップ調査報告書。
- 4) 河野・櫻木：ゾーン内々交通量予測モデルに関する一考察，第38回年次学術講演会講演概要集。
- 5) 河野・櫻木：生成トリップ分布モデルに関する研究，第6回土木計画学研究発表会講演集。