

パーソントリップにおける生成トリップ数の 分布モデルに関する研究

ON A MODEL OF THE FREQUENCY DISTRIBUTION OF THE TRIP PRODUCTION BASED ON PERSON TRIP SURVEY

橋木 武*・河野雅也**・平田登基男***

By Takeshi CHISHAKI, Masaya KAWANO and Tokio HIRATA

The frequency distribution of the trip production from which the conventional trip-rate is derived as the mean of its distribution is studied for the purpose of building a trip end model. Some notable properties of the frequency distribution of the trip production are investigated, and the relationships between the frequency distribution of the trip production and the potential variables included in the model are explicitly given by the preliminary analysis. Consequently, a model of joint probability distribution of trips and traffic purposes is proposed based on the person trip survey in the North Kyushu districts. Some interesting characteristics of the trip production are also illustrated by use of the proposed model.

1. ま え が き

総交通量の予測は、交通需要予測の枠組みを規定する重要課題であり、精度よい把握が望まれるが、その予測法に周知のトリップ生成法とトリップ発生法がある。人の1日の交通行動に関し、大部分の人はマネーあるいはタイムバジェットの制約下において、1日の総トリップ数があらかじめ決まっている場合が多いであろう。また、個人属性の違いにより人の動きが異なるという現象をトリップ発生法では表現しにくい問題がある。さらに、高齢化の進展や産業構造の変化といった圏域の社会経済的変化は、ゾーンレベルより圏域全体で把握する方がより合理的であろう。これらのことを勘案すれば、総交通量の予測は、トリップ生成法によることが妥当であると考えられる。

従来のトリップ生成モデルの提案は、生成交通量そのものを直接対象にするものと生成原単位法とに分けられるが、人の交通行動をより詳細に記述し得る点で生成原

単位法が優れている。この生成原単位法は、さらに生成原単位を社会経済指標で表現する回帰モデルと、個人あるいは世帯属性による生成原単位のカテゴリーアナリシスとに分けられる^{1),2)}。わが国では、回帰モデルとして河上³⁾、黒川⁴⁾、青山ほか⁵⁾などの報告があり、カテゴリーアナリシスとして毛利ほか⁶⁾などがある。このほか、著者ら⁷⁾は両者の中間的性質のモデルを報告し、また松井⁸⁾は交通目的連関に着目したモデルを提案している。一方、外国でも多くの研究が生成原単位法の立場からなされているが^{1),2)}、ただわが国が人口原単位を扱うのに対し、主に世帯原単位を考える点で異なる。

以上のように生成原単位モデルに関し数多くの研究があるが、いずれもまだ十分に満足できるモデルを提案しているとはいいがたく、その原因として原単位がもつ背景の検討に欠けていることが指摘できる。すなわち、原単位の時間・空間的安定性については米谷ほか⁹⁾から新しくは毛利ほか⁶⁾まで常に議論され、さらに原単位法が長期予測に適さない、社会経済状況の変化に原単位がいかなる変動を示すか明らかでないなど問題点が指摘されている。これらの問題は生成原単位を直接検討するだけで解決できるものではなく、生成原単位が生成トリップ数の頻度分布の平均値で定まるという原点にかえり、検討することがより本質的である。すなわち、生成原単位

* 正会員 工博 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)

** 正会員 工修 九州大学助手 工学部土木工学科
(同上)

*** 正会員 工博 九州大学助手 工学部土木工学科
(同上)

を被説明変数としてモデルを作成することより、生成トリップ数の頻度分布が将来どのように変化するかを予測し、そのうえで分布から得られる平均値を将来の生成原単位とすることが、交通需要をよりの確に把握することになるであろう。

2. 生成トリップ数分布について

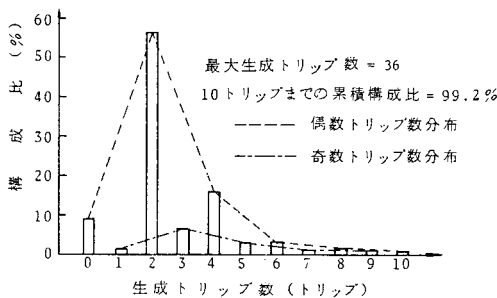
(1) 生成トリップ数分布の特性

図一1は、昭和47年北部九州圏PT調査データ¹⁰⁾をもとに圏域全体、全交通目的で生成トリップ数分布を描いたものである。この分布図から読み取れる特色が3つある。第1は、2トリップ構成比が約60%と著しく大きいことである。この事実とPT調査でとらえられるトリップの大部分が完結型であることを考え合わせれば¹¹⁾、数多くある交通行動パターンの中で最も多いのは、「行って、帰る」という単純なものであるといえる。第2は、分布が偶数トリップ数分布と奇数トリップ数分布の複合形になっていることで、量的には前者が全体の87%を占める。両分布は、ポアソン分布あるいは二項分布に類似しているが、 χ^2 検定およびKS検定の結果、ともにこれら離散分布に従わないことが判明した。第3は、0トリップ構成比が2、4トリップについて3番目に位置することである。0トリップは、従来、外出率として処理され、グロス原単位とネット原単位の変換に用いられてきたが、図の分布形状をみると、これだけを特別に扱うよりも他のトリップと同時に処理する方がより合理的であると判断できる。

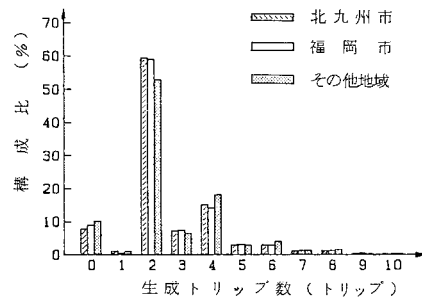
また、統計的分布ということでは、生成トリップ数分布は非対称性が強く、複数モードを有するといえる。したがって、より厳密に信頼性の高い生成交通量を得ようとすれば、単に平均値としての生成原単位ではなく、それが導出される元の分布、すなわち生成トリップ数分布に基づくことが望ましいといえる。

(2) 生成トリップ数分布と社会経済指標との関連

生成トリップ数分布は個人の交通行動を集積したものであるから、個人が有する社会経済的背景すなわち個人、



図一1 生成トリップ数分布



図一2 3地域における生成トリップ数分布

表一1 生成トリップ数分布の諸統計量

諸統計量	北九州市	福岡市	その他	全地域
平均 (トリップ/人・日)	2.657	2.666	2.784	2.708
標準偏差 (トリップ/人・日)	1.795	1.882	2.038	1.915
標準偏差 (度)	2.614	2.519	2.445	2.530
公共交通 (度)	16.498	13.333	13.644	14.512
偶数トリップ構成比 (%)	87.1	86.7	87.6	87.2
2トリップ構成比 (%)	59.2	58.8	52.9	56.7

世帯属性に関連するといえ、このことを明らかにするため、北部九州圏を3地域に分割し、おのおのの生成トリップ数分布の差異を検討しよう。分割は各地域の総トリップ数がおおむね等しく、また地域構造に差異があることを考慮し、北九州市、福岡市およびその他とする。北九州は工業都市、福岡は商業管理都市、その他は両市のベッドタウン、旧産炭地、農村などであり、総トリップ数の構成割合はおおの33.5、28.8、37.7%である。

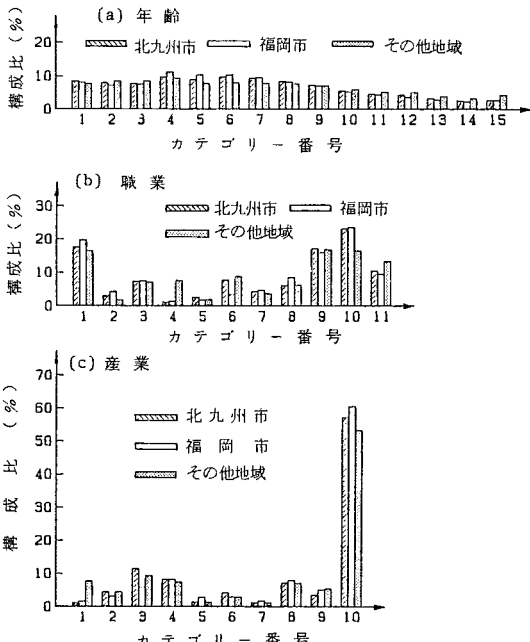
3地域の生成トリップ数分布を図一2に、またこれらに全地域を加えた4地域の生成トリップ数分布の諸統計量を表一1に示す。明らかに3地域の生成トリップ数分布に差異があり、特に北九州、福岡の都市域とその他とで平均、標準偏差、2トリップ構成比などで大きな差が読み取れる。そこで、これらの差異が何に起因するかを調べるため、地域ごとに個人属性カテゴリー別の生成トリップ数分布および構成比の検討を行った。分析に用いた属性とカテゴリーは表一2のとおりである。

3地域における各属性のカテゴリー別構成比が異なり、それゆえに生成トリップ数分布に差異が現われると思われるが、3地域で明らかに差があるのは、年齢、職業および産業であり、それらを図一3に示す。

図一2,3から次のように考察できる。すなわち、その他地域で0、4トリップの構成比が高いが、0トリップについてはその他地域で高齢化が進行しており、高年齢層の0トリップ構成比が若年層のそれに比べ2、3倍高いことが原因になっているといえ、また4トリップについてはその構成比が高い農林漁業の割合が大きいためであろう。2トリップ構成比は北九州と福岡で大きく、その理由として上記の逆がいえるほかに、2トリップ構成比が高い専門・事務・技術職や管理職の割合が大きいためと判断される。北九州と福岡は、ほぼ似た分布である

表一 個人属性とそのカテゴリー

属性	カテゴリー	属性	カテゴリー
性別	1. 男 2. 女	職	1. 専門・事務・技術職 2. 管理職 3. 販売・接客従事者 4. 農林漁業労働者 5. 学生 6. 主婦 7. その他
年齢	1. 0 2. 1 3. 2 4. 3 5. 4 6. 5 7. 6 8. 7 9. 8 10. 9 11. 10 12. 11 13. 12 14. 13 15. 14	業	1. 農林漁業 2. 建設業 3. 製造業 4. 卸売・小売業 5. 加工作業 6. 運輸業 7. 電気・ガス・熱供給業 8. 情報・通信業 9. 娯楽・文化・サービス業 10. その他
免許	1. 保有 2. 非保有	産業	1. 農業 2. 林業 3. 漁業 4. 建設業 5. 製造業 6. 卸売・小売業 7. 加工作業 8. 運輸業 9. 電気・ガス・熱供給業 10. 情報・通信業 11. 娯楽・文化・サービス業 12. その他
車	1. 世帯保有 2. 世帯非保有		



図一 各個人属性のカテゴリー構成比

が、0トリップ構成比で福岡が、2、4トリップ構成比で北九州が大きい。前者は福岡の方が産業のその他、職業の主婦の割合が大きく、これらの0トリップ構成比が高いことによると考えられる。後者は2トリップ構成比が高い生産工程労働者が北九州に多く、逆に2トリップ構成比が低いサービス業、販売業の割合が福岡より小さいことによると推察される。さらに、年齢に関し、2トリップ構成比が相対的に小さい20~24、25~29歳が福岡に多いことも理由の1つである。

以上から、生成トリップ数分布は年齢や職業などの個人属性のカテゴリー構成比分布に応じて変動するといえる。したがって、社会経済構造が異なる地域は生成トリップ数分布も異なり、空間的に変化する。また、ある地域

に着目した場合、時間軸上で社会経済状況が変化することから、生成トリップ数分布も時間的に変化するといえる。結局、生成トリップ数分布は時空間的に変化するといえ、カテゴリーアナリシスでカテゴリー単位に「時間軸上で原単位が不変である」と仮定することは、カテゴリーの細分がその母数の将来予測に関連して困難であるだけに問題が残る。

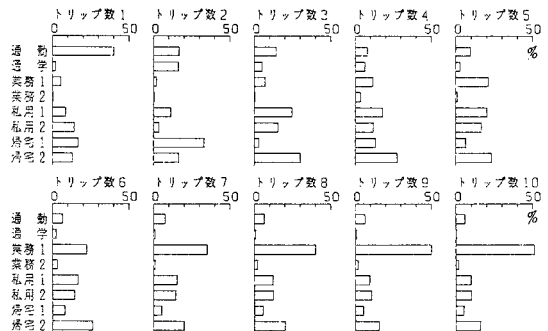
(3) 生成トリップ数分布と交通目的との関連

交通の生成は、また交通目的と少なからず関係するが、この関係性を各トリップ数ごとの交通目的別構成比を考察することにより把握しよう。対象交通目的は表一3のとおりである。また、対象トリップ数は10トリップまでとし、各トリップ数の構成比はトリップチェーンを分解したうえで集計した値に基づいている。

図一4は分析結果である。明らかに生成トリップ数ごとに交通目的の分布が異なり、その大きな特徴は4トリップまでの比較的少ないトリップ数の場合には通勤、通学の割合が高く、5トリップ以上では業務1の割合が高いことである。すなわち、4トリップ以下は居住地ベースのトリップが主であり、5トリップ以上は従業地ベースのトリップ割合が大きいため、この特徴はトリップチェーンを対象にした場合も当てはまる¹¹⁾。このように各生成トリップ数を交通目的のみでみると、同質ではなく、交通目的が生成トリップ数分布の重要な説明要因になることがわかる。なお、その複雑性を考慮すれば、生成トリップ数分布を生成トリップ数と交通目的との同時確率分布として把握することがよいと判断される。

表一 交通目的とその内容

交通目的	トリップの内容
1. 通勤	通勤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・会議など
4. 業務2	農林・漁業作業のためのトリップ
5. 私用1	買物、社交・娯楽、食事、レクリエーションなど
6. 私用2	私事・用務などのトリップ
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



図一 生成トリップ数別の交通目的分布

3. 生成トリップ数の分布モデルの構築

(1) 説明要因の選定

前章の検討を踏まえれば、生成トリップ数の分布モデルは生成トリップ数と交通目的の同時確率分布としてとらえることができ、その説明要因に年齢、職業などの個人属性が考えられる。本章はこの考えをもとに生成トリップ数の分布モデルを提案するが、その際いかなる個人属性を説明要因に加えるべきかをより具体的かつ定量的に再検討するという観点で、個人属性と生成トリップ数分布との関係について要因分析を行うものである。

要因分析は北部九州圏 PT 調査データを用い、要因とそのカテゴリーは表-2 に同じである。分析法は χ^2 検定による分布の独立性検定および分散分析である。独立性検定では、「生成トリップ数と個人属性は互いに独立である」という帰無仮説を設定し、分散分析では、仮説を「各属性カテゴリー間で差がない」とした。

表-4 におおのの結果を示す。なお、このときの最大生成トリップ数は χ^2 検定の結果を保証する最小頻度を考慮して 24 とし、各トリップ数における値は度数そのものである。表より明らかなように独立性検定ではすべての個人属性が 1% 有意であるので、これらすべてが生成トリップ数の変動に関係すると考えられるが、 χ^2 値をもとに判断すれば、中でも産業、職業、性別、年齢の非独立性の度合いが大きい。一方、分散分析では免許、世帯車を除くその他の属性は 1% 有意であるから、それらは表-2 のカテゴリーのままよいであろう。免許と世帯車は無意と判定されたが、このことと両者のカテゴリー分類が本質的に 1 通りであること、および表 (a) に関する前述の事実を考え合わせれば、これらをあえてモデルの説明要因に組み込む必要はないであろう。結局、生成トリップ数分布モデルに取り入れる説明要因として性別、年齢、職業、産業の 4 つが候補として残る。

以上、生成トリップ数分布と個々の個人属性との関係を検討したが、各要因が独立的に生成トリップ数の変動に関係するかという点で疑問が残る。そこで、この点を調べるため、個人属性相互のクロスによる分散分析および独立性検定を実施した。この場合、クロス属性による生成トリップ数分布を直接分析対象にすることが困難であるから、ここではその分布が有する諸統計量（平均、

標準偏差、変動係数）について分析したうえで、総合的に判断した。分析の結果から結論的に 3 者に関し、年齢 × 職業などのすべてのペアの交互作用が小さく、無視できると判断された。したがって、先に選定された 4 要因はクロスで処理する必要はなく、相互に独立的に説明要因になり得、モデル簡便化の点で望ましいことになる。

なお、職業と産業に関し統計的には上述のとおりであるが、著者らが以前に検討した結果⁷⁾によれば、それらは内容の点で重複する部分が多く、よっていずれか一方を考えれば十分であるといえ、本研究では職業のみを取り上げることにする。

(2) 生成トリップ数分布モデルの作成

前節で明らかにされた説明要因に基づく生成トリップ数分布モデルの一般形として以下の式を仮定する。

$$P=f(S,A,B) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $P=[p_{ij}]$ ：平均的個人が生成トリップ数 $i(i=0,1,\dots,I)$ 、交通目的 $j(j=1,\dots,J)$ を選択する同時確率であり、具体的には生成トリップ数 i の分布 q_i と、生成トリップ数が i であるときの交通目的分布 r_{ij} をデータより求め、 $p_{ij}=q_i r_{ij}$ と算出する。 $S=[s_{ij}]$ ：性別のカテゴリー別生成トリップ数分布に基づく (i,j) 同時確率、 $A=[a_{ij}]$ ：年齢のカテゴリー別生成トリップ数分布に基づく (i,j) 同時確率、 $B=[b_{ij}]$ ：職業のカテゴリー別生成トリップ数分布に基づく (i,j) 同時確率、 $f(\cdot)$ ：ベクトル関数、 I ：最大生成トリップ数、 J ：交通目的数である。 p_{ij} 、 s_{ij} 、 a_{ij} 、 b_{ij} は確率としての意味で、

$$\sum_{i,j} p_{ij} = \sum_{i,j} s_{ij} = \sum_{i,j} a_{ij} = \sum_{i,j} b_{ij} = 1 \dots\dots\dots (2)$$

さて、問題は S 、 A 、 B をどのように表現するかであるが、それらを理論分布で表わすことは困難であるから、ここではテーブル関数で定義する。すなわち、前章で論じたように、個人属性のカテゴリー別の生成トリップ数分布と人口構成比は社会経済状況を反映して異なるから、それらを用いた表現がより合理的である。また、ある 1 つの分布がいくつかの特徴的な分布の複合分布として表現されている場合、より詳細かつ本質的な分析法はそれら個々の分布を扱うことである¹²⁾。そこで、本研究は S 、 A 、 B を以下のように定義する。

$$\left. \begin{aligned} s_{ij} &= \sum_{k=1}^K x_{ijk} \lambda_k \\ a_{ij} &= \sum_{l=1}^L y_{ijl} \mu_l \\ b_{ij} &= \sum_{h=1}^H z_{ijh} \nu_h \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 x_{ijk} 、 y_{ijl} 、 z_{ijh} ：性別 k カテゴリー、年齢 l カテゴリー、職業 h カテゴリーの各 (i,j) 同時確率、 λ_k 、 μ_l 、 ν_h ：性別 k カテゴリー、年齢 l カテゴリー、職業 h カ

表-4 独立性検定および分散分析の結果

属性	(a) 独立性検定		(b) 分散分析	
	χ^2	判定	F	判定
性別	3.45	1%有意	8.70	1%有意
年齢	4.78	1%有意	2.22	1%有意
職業	4.88	1%有意	2.25	1%有意
産業	1.07	有意なし	3.31	1%有意
免許	0.99	有意なし	3.13	有意なし
世帯車	1.18	有意なし	1.39	有意なし

テゴリーの各人口構成比, K, L, H : 性別, 年齢, 職業の各カテゴリー数である. $x_{ijk}, y_{ijl}, z_{ijh}, \lambda_k, \mu_l, \nu_h$ の諸値について次式が成立する.

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i,j} x_{ijk} &= \sum_{i,j} y_{ijl} = \sum_{i,j} z_{ijh} = 1 \\ \sum_k \lambda_k &= \sum_l \mu_l = \sum_h \nu_h = 1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

式(3)は, 個人属性による (i,j) 同時確率がカテゴリー別の (i,j) 同時確率をカテゴリーの人口構成比で重みづけ平均することによって得られることを意味する.

ところで, 社会経済状況が変化すれば, それに応じて s_{ij}, a_{ij}, b_{ij} も変化する. たとえば, a_{ij} を考えると, 式(3)より a_{ij} の変化は y_{ijl} の変化と μ_l の変化に分解される. y_{ijl} は個人の交通行動に基づく値であり, 大きく変動することはないといえ, 時空間軸上で不変であると仮定しても差し支えないであろう. 同様に z_{ijh} も一定とみなしてよい. 一方, μ_l, ν_h は社会経済状況を反映するから, 時間的にも空間的にも変化する.

性別に関していえば, λ_k の変動は小さく, 年齢や職業と同一に論じられない面がある. しかし, 都市部と農村部のように空間的にみれば, λ_k の値に変化をみることが出来る. また, 将来の変化として女性の外出率や有職率の向上が予測され, 女性の生成トリップ数分布が男性のそれに近づくと考えられる. これらを踏まえれば, 生成トリップ数分布モデルに性別を説明指標として加える積極的理由がある.

関数形 f の形状は種々考えられるが, ここでは3.(1)の成果を踏まえ, また解釈の容易さと操作性に優れていることから, 乗法形を採用する. このとき, 式(1)は次式で表わされる.

$$p_{ij} = \left(\sum_{k=1}^K x_{ijk} \lambda_k \right)^\alpha \cdot \left(\sum_{l=1}^L y_{ijl} \mu_l \right)^\beta \cdot \left(\sum_{h=1}^H z_{ijh} \nu_h \right)^\gamma \dots\dots\dots (5)$$

p_{ij} はその意味から $\sum p_{ij} = 1$ を満足しなければならないが, 式(5)は必ずしもこれを満足するとは限らない. その場合には, モデル式より p_{ij} を求め, これをその総和で除したものを改めて p_{ij} とすればよい.

式(5)の右辺は, それぞれが p_{ij} に関するモデル式であり, その意味で自己回帰モデルといえ, したがって, α, β, γ は一種の重み係数であり,

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

が成立しなければならない. つまり, α, β, γ を各説明要因の生成トリップ数分布に対する寄与度と解釈するものであるが, その決定方法には大きく2通り考えられる. 第1は式(5)を回帰式と考え, 各圏域データを用いて α, β, γ を式(6)のもとで最小二乗法等により推定する方法である¹³⁾. 第2は α, β, γ が寄与度であることを重視

し, 外生的に与える方法である. すなわち, 分散分析における不偏分散あるいは分散比などを用いて α, β, γ を決定することが考えられる. モデルの精度をよりよくするという意味で第1法が優れているが, 第2法はモデルパラメーターとしての意味を考えるものであり, またキャリブレーションを必要としないなどの利点がある.

なお, 式(5)を用いて総トリップ数を計算する場合, 次式によればよいことはいうまでもない.

$$T_j = \left(\sum_{i=0}^j i \cdot p_{ij} \right) N \dots\dots\dots (7)$$

ここに, T_j : 交通目的 j の総トリップ数, N : 対象圏域内総人口である. 上式において $\sum i \cdot p_{ij}$ は交通目的別生成トリップ数分布の期待値であり, 従来モデルの交通目的別生成原単位に相当する.

4. 適用例

(1) モデルパラメーターと適合度

提案モデルを北部九州圏に適用し, モデルの精度, 性質について検討する. 最大生成トリップ数は10トリップとし, 11トリップ以上は10トリップに含めた. また, 交通目的は表-3の8目的を用い, 性別, 年齢および職業のカテゴリー分類は表-2のとおりである. なお, 確率は百分率表示としている.

パラメーターの決定はモデル作成上重要であるが, これに関し上述のように種々の求め方が考えられる. それらのいずれを用いるか問題であるが, ここでは次の考えに従って第2法を用いた. すなわち, パラメーターの意味を考えながら外生的に与えるため, 式(5)の両辺の対数に基づく分散分析を用いるものである¹⁾. p_{ij} の全変動をある要因に基づく変動成分とそれ以外の要因の変動成分とに分解して, その比つまり分散比を考えると, これは他の諸要因による変動の説明性に対する当該要因による変動の説明性の大きさを与えているものと解釈でき, この値が大きいほど, 当該要因による変動の説明性が大きいとみなすものである. このとき, 先に求めた生成トリップ数分布と個人属性による分散分析の各分散比を式(6)を満足するように按分調整したものが α, β, γ となり, 表-5(a)のように試算される. 全域について

表-5 提案モデルのパラメーターと適合度

Aゾーン	総トリップ 構成比 (%)	(a) モデルパラメータ			(b) モデル適合度		
		α	β	γ	R	RMS	
全	1.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.9	0.0
1	3.3	0.0	0.2	0.3	0.5	0.9	0.1
2	3.5	0.4	0.1	0.2	0.3	0.9	0.3
3	3.8	0.2	0.1	0.2	0.3	0.9	0.3
4	1.0	0.4	0.1	0.2	0.3	0.9	0.3
5**	7.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.9	0.1
6	2.8	0.4	0.2	0.3	0.3	0.9	0.2
7	3.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.9	0.1
8	3.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.9	0.4
9	2.2	0.3	0.2	0.1	0.4	0.6	0.4

(注) * = 北九州市, ** = 福岡県, R = 重相関係数, RMS = RMS誤差

みると、 $\alpha=0.392$ 、 $\beta=0.253$ 、 $\gamma=0.355$ であり、3要因の寄与度には大きな差がないといえる。しかし、Aゾーン（市郡単位）別にみれば地域構造の差異を反映して、全域とは異なるパラメーター設定になっている。

北部九州圏全域データより x_{ijk} 、 y_{ijk} 、 z_{ijk} （紙面の都合上割愛する）を求め、これらを用いて全域とAゾーン各地域に提案モデルを適用し、各地域ごとに算出された p_{ij} に関し実績値との適合度を検討すれば、表-5 (b) のとおりである。本モデルは生成交通量を予測するモデルであるから、本来的には圏域全体を対象にすればよいが、ここでは適用対象の違いによるモデル適合度の差異をみるため、Aゾーンへの適用も試みた。全域では x_{ijk} 等々が全域データに基づくものであるから、 p_{ij} に関し計算値と実績値が一致することは当然である。しかし、Aゾーンごとにみても、 x_{ijk} 等々が全域データであるにもかかわらず、精度の低下は小さいといえ、適合度に関する問題はないと判断される。

(2) 提案モデルによる将来予測

提案モデルと従来モデルとの比較のため、昭和65～80年における北部九州圏全域の生成交通量の予測を試みた。従来モデルは北部九州圏PT調査で採用された世帯車保有×職業×交通目的の3クロスカテゴリー原単位に基づく生成原単位モデルを選んだ¹⁰⁾。また、今回設定した個人属性別カテゴリー構成比の将来フレームは、北部九州圏および福岡県のそれによっており、表-6のとおりである。年齢構成では老年人口構成比の増加、年少人口構成比の減速、職業面では農林漁業や生産工程労働者割合の減少、専門・事務・技術職、販売業従事者やサービス業構成比の増加という特色がある。

なお、本計算におけるパラメーターは先に求めた $\alpha=0.392$ 、 $\beta=0.253$ 、 $\gamma=0.355$ を用いた。前述のように、

表-6 個人属性別カテゴリー構成比 (%) の将来フレーム

属性	昭和47年	昭和65年	昭和70年	昭和75年	昭和80年
性別					
1	48.1	48.6	48.7	48.9	49.0
2	51.9	51.4	51.3	51.1	51.0
年齢					
1	8.4	8.4	8.3	8.2	8.2
2	0.5	0.7	0.8	0.9	0.9
3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
4	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5
6	9.3	10.5	10.8	10.9	10.8
7	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
9	8.9	8.8	8.7	8.7	8.7
10	8.0	7.9	7.7	7.7	7.7
11	8.6	8.5	8.5	8.5	8.5
12	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
13	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
14	4.7	4.6	4.6	4.6	4.6
15	2.9	4.4	4.4	4.4	4.4
16	1.2	3.3	4.4	5.0	5.6
職業					
1	1.9	1.5	1.5	1.6	1.6
2	3.8	3.7	3.6	3.6	3.4
3	7.0	8.3	8.5	8.6	9.0
4	5.5	3.3	3.2	3.3	3.4
5	2.2	3.1	3.2	3.3	3.4
6	2.9	14.4	13.4	12.7	11.4
7	7.7	9.9	9.9	9.8	9.5
8	3.2	4.6	4.4	4.4	4.5
9	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
10	1.7	1.1	1.0	1.0	1.0
11	7.0	7.2	7.4	7.5	7.4
12	1.7	1.6	1.7	1.7	1.7
13	7.1	7.2	7.4	7.5	7.4
人口*	3227.6	3872.1	3940.1	4042.3	4141.9

*千人

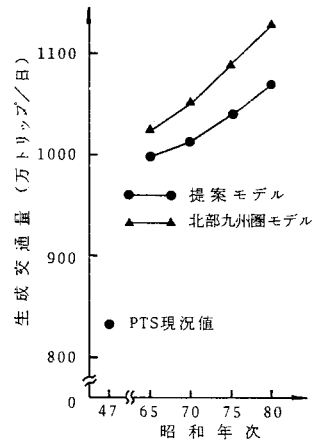


図-5 提案モデルと北部九州圏モデルによる将来予測

表-7 交通目的別生成原単位 (トリップ/人・日)

目的	モデル	昭和47年	昭和65年	昭和70年	昭和75年	昭和80年
通勤	提案	0.327	0.336	0.344	0.352	0.353
	北部九州圏		0.348	0.345	0.352	0.353
通学	提案	0.249	0.252	0.249	0.242	0.240
	北部九州圏		0.252	0.249	0.235	0.230
業務1	提案	0.402	0.388	0.399	0.401	0.404
	北部九州圏		0.397	0.506	0.503	0.51
業務2	提案	0.044	0.036	0.035	0.035	0.034
	北部九州圏		0.027	0.025	0.024	0.023
私用1	提案	0.398	0.390	0.391	0.392	0.393
	北部九州圏		0.376	0.378	0.381	0.383
私用2	提案	0.246	0.233	0.240	0.242	0.242
	北部九州圏		0.253	0.239	0.262	0.262
帰宅1	提案	0.511	0.523	0.519	0.514	0.511
	北部九州圏		0.531	0.531	0.533	0.531
帰宅2	提案	0.581	0.582	0.584	0.583	0.588
	北部九州圏		0.536	0.564	0.566	0.578
全目的	提案	2.758	2.736	2.731	2.728	2.727
	北部九州圏		2.840	2.857	2.882	2.902

これらは決定法によって異なる値になるので、必ずしも十分とはいえず、その意味で以下の議論は、提案モデルの一般的傾向を知ることにとどまるものであることを断っておく。

図-5は両モデルによる生成交通量の予測結果を示したものである。北部九州圏モデルの方が大きな値になっており、たとえば昭和80年で約50万トリップの差がある。北部九州圏モデルは実質的に個人属性として職業しか考慮されておらず、将来の高齢化の進行を反映できていないが、その差はこの点の違いが大きな原因と考えられる。

表-7に両モデルによる交通目的別生成原単位を示す。通勤、業務1、私用2、帰宅1、帰宅2において北部九州圏モデルの方が大きく、通学、業務2、私用1において提案モデルが大きいといえる。両モデルの差が最も大きいのは業務1である。また、北部九州圏モデルの全目的生成原単位が年次とともに増大するのに対し、提案モデルのそれは減少する傾向にある。

(3) 提案モデルの感度分析

提案モデルの性質をより一層明らかにするために感度分析を行った。分析には便宜的に表一六のフレームをそのまま用い、4 ケース設定した。すなわち、ケース1, 2, 3, 4 はそれぞれ昭和65, 70, 75, 80年に相当し、人口規模は昭和70年のものである。

表一八の(a)~(c)は各個人属性の生成トリップ数分布に対する影響を調べるため、3属性のうち2つをケース1に固定し、当該属性をケースごとに変化させた結果を示すものである。(a)の性別は女性の有職率の向上等による x_{ijk} の変化を考えず、 λ_k の変化のみを考慮したことになり、モデル出力結果の変動はほとんどない。これに対し、(b)の年齢ではケースごとに結果が変化し、生成交通量や生成原単位の傾向から高齢化の進行による交通行動機会の減少をみることができる。また、高齢化により0トリップ構成比が増加し、2トリップ構成比が減少することがわかる。4/5比は居住地ベースと従業地ベースとのトリップ数比を表わすといえるが、高齢化が進むとき、この比が大きくなる傾向にある。これと反対の傾向を示すのが(c)の職業であり、第三次産業の発展と第一次産業の衰退に伴い、4/5比は小さくなる。ま

た、生成交通量や生成原単位は増加傾向にあるが、その変化割合は年齢に比べ小さい。

以上をまとめれば、年齢と職業は、ケース1→4に従い、2トリップ構成比が減少し、0トリップ構成比が大きくなる点でその影響が共通するが、生成原単位や4/5比では逆の動きを示す。性別の影響は小さいが、おおむね職業の傾向に同じである。3属性が同時に変化した場合、おのおのの影響が累積し、(d)の結果を得る。その傾向は年齢のそれにおおむね類似しており、よって個人属性のうちモデル変数として年齢構成が支配的であるといえる。

次に交通目的別の生成原単位が個人属性カテゴリー構成比の変化に対してどう変動するかを検討すれば、表一九のとおりである。全目的において生成原単位が変化しない性別は交通目的別にみてもほとんど変化しない。これに対し、(b)の年齢、(c)の職業はケースごとに交通目的別生成原単位が変化する。年齢について定年制が現状のままと仮定すれば、高齢化に従い、通勤、業務1といった仕事に関する生成原単位が減ることになる。これとは逆に、第一次産業の衰退、第三次産業の発展という職業構成の変化は通勤、業務1を増やすといえる。

表一八 各個人属性のカテゴリー構成比変化による影響

ケース	生成交通量 万トリップ/日	生成原単位 トリップ/人・日	0トリップ 構成比(%)	2トリップ 構成比(%)	4/5*
(a) 性別による影響 (年齢と職業はケース1に固定)					
1	10006.8	2.73358	9.2447	5.7274	8.426
2	10006.8	2.73358	9.2447	5.7274	8.426
3	10006.8	2.73358	9.2447	5.7274	8.426
4	10006.8	2.73358	9.2447	5.7274	8.426
(b) 年齢による影響 (性別と職業はケース1に固定)					
1	10006.8	2.73358	9.2447	5.7274	8.426
2	10004.7	2.72200	9.4423	5.7169	8.444
3	10002.8	2.70500	9.5588	5.7072	8.444
4	10001.6	2.7216	9.6815	5.7011	8.442
(c) 職業による影響 (性別と年齢はケース1に固定)					
1	10006.8	2.73358	9.2447	5.7274	8.426
2	10006.8	2.73358	9.2447	5.7274	8.426
3	10006.8	2.73358	9.2447	5.7274	8.426
4	10006.8	2.73358	9.2447	5.7274	8.426
(d) 3属性ともケースごとに変化					
1	10006.8	2.73358	9.2447	5.7274	8.426
2	10004.9	2.72307	9.4476	5.7107	8.443
3	10004.1	2.72847	9.6944	5.6870	8.433
4	10003.4	2.72667	9.8154	5.6754	8.433

* 4/5 = (4トリップ以下のトリップ数) / (5トリップ以上のトリップ数)

5. あとがき

カテゴリーアナリシスに基づく生成原単位法に関する問題を把握のうえ、生成原単位よりもその原点である生成トリップ数分布に着目し、これを生成交通量の予測に用いることがより本質的であると考え、論じたが、その成果を要約すれば、以下のとおりである。

- まず、生成トリップ数分布の特徴として、
- (1) 2トリップの構成比が高く、したがってひずみ度が大いといえ、また非対称性が強い。
- (2) 生成トリップ数分布は、偶数トリップ数分布と奇数トリップ数分布とに分けられる複合分布とみなし得るが、両者に対する二項分布やポアソン分布の適用は無理である。
- (3) 0トリップは生成トリップ数分布の形状からみ

表一九 ケースごとの交通目的別生成原単位 (トリップ/人・日)

ケース	通勤	通学	業務1	業務2	私用1	私用2	帰宅1	帰宅2
(a) 性別による影響 (年齢と職業はケース1に固定)								
1	0.33358	0.2514	0.3981	0.0361	0.3390	0.2339	0.5228	0.5624
2	0.33358	0.2514	0.3981	0.0361	0.3390	0.2339	0.5228	0.5624
3	0.33358	0.2514	0.3981	0.0361	0.3390	0.2339	0.5228	0.5624
4	0.33358	0.2514	0.3981	0.0361	0.3390	0.2339	0.5228	0.5624
(b) 年齢による影響 (性別と職業はケース1に固定)								
1	0.33358	0.2514	0.3981	0.0361	0.3390	0.2339	0.5228	0.5624
2	0.33341	0.2498	0.3981	0.0361	0.3388	0.2339	0.5220	0.5624
3	0.33226	0.2484	0.3981	0.0361	0.3388	0.2339	0.5207	0.5624
4	0.3316	0.2474	0.3981	0.0361	0.3388	0.2339	0.5159	0.5624
(c) 職業による影響 (性別と年齢はケース1に固定)								
1	0.33358	0.2514	0.3981	0.0361	0.3390	0.2339	0.5228	0.5624
2	0.33358	0.2514	0.3981	0.0361	0.3390	0.2339	0.5228	0.5624
3	0.33385	0.2514	0.4005	0.0344	0.3392	0.2339	0.5219	0.5624
4	0.33393	0.2514	0.4076	0.0327	0.3393	0.2339	0.5182	0.5624

て、これをグロス原単位とネット原単位との変換に用いるという特別な扱いをするよりも他のトリップと同一の扱いが望ましい。

次に、生成トリップ数分布の変動要因として、北部九州圏を3地域に分割した結果および要因分析結果から、

(4) 職業、性別、年齢、産業が大きく寄与するといえる。また、おのおのを互いに独立な要因として扱い、単純化を図ることが容認できる。

(5) 車世帯保有、免許保有も生成トリップ数分布の変動に寄与するが、その度合は他要因ほどではない。また、著者らが別途行った考察から産業はカテゴリー的に職業と重複する部分もあり、基本変動要因として職業、産業のいずれか一方を用いることで十分である。

(6) 交通目的は生成トリップ数分布の重要な説明要因になるが、4トリップ以下は居住地ベースの交通目的が卓越し、5トリップ以上では従業地ベースの交通目的が卓越している。

以上の生成トリップ数分布に関する考察および説明要因に関する分析を踏まえ、結局は

(7) 生成トリップ数分布として生成トリップ数と交通目的の同時確率を考え、その説明要因に性別、年齢および職業を組み込むごときモデルの作成が考えられる。

(8) モデルパラメーターに関し、本研究ではその意味を明らかにするうえで外生的に設定した。その結果は、モデル精度の低下も小さく、現状再現性のうえで有効であったといえるが、その設定について必ずしも今回述べた方法だけではないこともあり、詳細な検討は今後の課題である。

(9) 提案した生成トリップ数分布モデルを北部九州圏に適用し、生成交通量の予測、質的变化について試算的に検討したが、その詳細は4. に記述するとおりである。

冒頭に述べるように、生成交通量は交通需要予測において枠組みを設定する重要なものであり、それだけに生成交通量の予測をより本質的に把握する必要がある。本研究は、必ずしも完全とはいきれないが、従来の生成原単位法に対し種々の問題が指摘されていること、しか

しながらその実用性ゆえに広く用いられている事実を念頭に置き、これに代わる生成トリップ数分布という概念を用いて生成交通量を予測する新たな手法を提案し、生成交通量の質的把握に一步踏み込んだものといえるであろう。

参 考 文 献

- 1) Douglass, A. A. and Lewis, R. J. : Trip generation techniques 1,2,3,4, Traffic Engineering & Control, Vol.12, Nov., Dec., 1970, Jan., Feb., 1971.
- 2) Douglass, A. A. : Home-based trip end models—A comparison between category analysis and regression analysis procedures, Transportation, 2, 1973.
- 3) 河上省吾：通勤・通学輸送需要の予測について、土木学会論文集, No.145, 1967.
- 4) 黒川 洸：人の発生交通を中心とした諸都市活動の相互連関に関する研究, 都市計画, No. 67, 1970.
- 5) 青山吉隆・天野光三・溝入 隆：大都市通勤交通の発生・集中および分担の相互関係について、日本都市計画学会学術講演会論文集, 1969.
- 6) 毛利正光・新田保次：就業構造を反映した通勤者生成原単位モデルについて、土木学会論文報告集, No. 328, 1982.
- 7) 橋木 武・河野雅也・高橋浩一：カテゴリー原単位に基づく交通生成原単位モデル, 九州大学工学集報, Vol. 56, No. 6, 1983.
- 8) 松井 寛：交通目的連関行列を用いた発生集中交通量の一定法, 交通工学, Vol. 11, No. 1, 1976.
- 9) 米谷栄二・明神 証・溝畑靖雄：交通需要発生の地域原単位, 土木学会誌, Vol. 51, No. 6, 1966.
- 10) 北部九州圏パーソントリップ調査報告書・現況解析編および交通需要予測編, 1974.
- 11) 河野雅也・橋木 武：生成トリップ分布モデルに関する研究, 土木学会第6回土木計画学研究発表会講演集, 1984.
- 12) Hautzinger, H. : Statistical analysis of travel behavior—Some methodological considerations, Proc. of the 7th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, 1977.
- 13) 青山吉隆・大橋健一・柳本敏雄：OD交通量予測手法の評価と総合化, 交通工学, Vol. 13, No. 2, 1978.

(1984. 5. 1・受付)