

生成トリップ分布モデルに関する研究

九州大学工学部 学生員 ○ 河野雅也
九州大学工学部 正員 橋本武

1. はじめに

交通需要予測の標準的な手法は、集計モデルもしくは4段階推定法であり、永年の研究を経た十分実用な耐えうる多くのモデルが得られている。このモデルは、ゾーン単位に集計された諸指標を確率的に処理する点で大きな特色を有するものであり、交通現象の平均的な状況を把握する上で極めて有効である。しかし、交通現象は個人な交通行動が集積したものであり、様々な行動様式の集合体であるといえ、本質的には確率現象として把握すべき内容のものであることはいうまでもない。従来からこの確率現象という観点で交通需要予測理論を確立する試みはなされてきたが、未だ十分実用な供するものがないという事も言えるであろう。そこで、本研究では交通需要予測システムおよび予測モデルについて、実用な供するものに留意しながら、確率論の立場から検討し、体系化を図らんとするもので、その基本理念はすでに文献(1)で報告したところである。ここでは先づこれに続くものとして、交通需要予測の大幅な規定する生成交通量予測モデルについて検討を加えるものである。すなわち、生成交通量を確率論的に論ずることは、生成トリップ数の確率分布(以下、生成トリップ分布という)を対象に議論を展開することである。交通発生主体者である個人は、個々に有する社会的・経済的背景や行動原理にもよって土曜日のトリップの生起回数が異なり、ある個人が土曜日に何回トリップするかは、生起確率の問題として扱われることになる。そこで、まずパーソナルトリップ調査結果をもとに、生成トリップ分布の変動要因となる個人属性により影響を受けることを分析し、その上で個人属性の変化を通じて将来の社会経済変化に同様の反映されることと生成トリップ分布のモデルを構築することについて考えるものである。

2. 生成トリップ分布の特性

昭和47年度九州圏パーソナルトリップ調査データを引、生成トリップ分布の特性について検討するため、圏域全体を対象に生成トリップ分布を描けば、図-1のとおりである。図は11トリップまで記入されているが、最大生成トリップ数は36である。図から読みとれる主な特色は3つあり、その第1点は、2トリップの占める割合が約60%と著しく大きいことである。この点から、様々な交通行動様式の中で、最も多いパターンは、「行つて、帰る」という単純なものであることがわかる。第2点は、全体の分布がトリップ数の奇数、偶数の2つの分布の複合として把握できることであり、これを奇数トリップ分布および偶数トリップ分布と呼ぶことになる。この分布は、ポアソン分布や2項分布に似た形状であるが、先づこれを仮定して、図中の仮定および適合度検定による分布型・適合度検定を実施した結果、両分布はともに周知の離散型理論分布に従うといえないことが判明した。仮に、両分布ともどちらかといえば、2項分布型であり、また、奇数トリップ分布の方がより2項分布に近いものであるといえる。第3点は、偶数トリップと奇数トリップの量的関係で、偶数トリップの方がはるかに多く、87%を占めることである。以上が大きな特色であるが、その他に目立つものは、0トリップである。0トリップの全体に占める割合は9%であり、これは2トリップ、4トリップにつぎ着目すべき大きな値である。0トリップは従来外出率として処理され、ネット原単位・グロス原単位への変換に用いられているところであるが、図の生成トリップ分布を見るとき、この点で特別に取り出して扱うよりも、他の生成トリップと

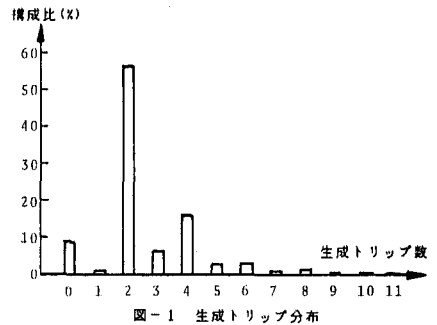


図-1 生成トリップ分布

同じレベルで扱う方が自然であると判断できる。

次に北九州圏を地域に分割し、生成トリップ分布が地域によって変化する点もを検討しよう。地域分割は、各地域の占める全トリップ数の大きな差を生じず、都市地域と周辺地域とを比較対照できることを考慮し、福岡市、北九州市および両市を除く地域とした。各地域の占めるトリップ総数の構成比は、北九州圏33.5%、28.8%、および37.7%である。表-1は、各地域におけるトリップ数にもづく生成トリップ分布の諸統計量を要約したものである。この表から各地域における分布の諸特性間に有意な差は認められず、ほぼ全域の結果とほぼ同じであるといえる。また、分布パターン類似性も検討するため、トリップ構成比にもづく生成トリップ分布に関する分布型の均質性検定を行なった。検定は、 χ^2 検定とKS検定の2つを用いたが、両検定において4地域の分布パターンは同じであると判断する結果が得られた。以上を考慮を踏まえれば、生成トリップ分布は地域間で差はなく、したがってこのモデルを構築する際には地域性を考慮する必要はないといえる。

表-1 生成トリップ分布の諸統計量

統計量	福岡市	北九州市	その他	全地域
平均	2,666	2,657	2,784	2,708
標準偏差	1,882	1,795	2,038	1,915
歪度	2,519	2,614	2,445	2,530
尖度	13,239	16,498	13,644	14,511
偶数トリップ構成比	86.7	87.1	87.6	87.2
2トリップ構成比	58.8	59.2	52.9	56.7

3. 交通目的から見たトリップタイプ

前節ではトリップ数を対象とした7つの分析を展開したが、この際各トリップ数は均質であるという暗黙の仮定が設けられている。しかしながら、0から最大36までのトリップ数すべてが同質の内容を有しているとは考えられず、したがって前述の7つの分析に加えて、トリップの内容を議論する7つの分析を行う必要があると思われる。そこで、トリップ数の大小によるトリップ特性の差異を明らかにするため、トリップタイプに関する分析を試みた。トリップタイプの捉え方には、いくつかの方法が考えられるが、ここでは交通目的に着目した場合のトリップタイプを対象としている。この際用いた交通目的とは、内容説明を示せば、表-2のとおりである。なお、対象とするトリップ数は、累積相対度数が95.9%である6トリップまでとした。

表-2 交通目的とその内容²⁾

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・会議等の業務トリップ
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のトリップ
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

トリップ(0.9%:総トリップ数中の占める割合、以下同じ)はいうまでもなく、トリップの起終点が一致しない非完結型トリップであるが、表-3に示すように40%が通勤であり、帰宅と合わせて46.6%で、これら2つを本命を越えている。

表-3 1トリップのパターン

パターン	構成比(%)
1. 通勤	40.0 (40.0)
2. 帰宅1	16.6 (56.6)
3. 私用2	14.1 (70.7)
4. 帰宅2	12.9 (83.6)
5. 私用1	8.5 (92.1)
6. 業務1	5.3 (97.4)
7. 通学	2.2 (99.6)
8. 業務2	0.4 (100.0)

(注) () 内は累積構成比

表-4 2トリップのパターン

パターン	構成比(%)
1. 通勤→帰宅1	33.4 (33.4)
2. 通学→帰宅1	32.2 (65.6)
3. 私用1→帰宅2	22.0 (87.6)
4. 私用2→帰宅2	6.7 (94.3)
5. 業務1→帰宅2	3.1 (97.4)
6. 業務2→帰宅2	1.2 (98.6)
7. 帰宅1→業務1	0.4 (99.0)
8. 業務1→私用2	0.1 (99.1)
9. 業務1→業務1	0.1 (99.2)
10. 通勤→業務1	0.1 (99.3)

(注) () 内は累積構成比

2トリップ以降、大きな比率を示すトリップタイプパターンは居住地を起終点とする完結型トリップである。これは分析に用いた資料がP.T調査データであることを考えれば、当然の結果といえるが、生成トリップモデルを作成する際に居住地ベースで議論することは妥当性を保証するものとも見なせる。因此に、1トリップの起点の99%が居住地であることが調査データより確認されている。

2トリップ(56.7%)のタイプパターンは、表-4に示すように、通勤→帰宅1が最も大きく、以下、通学→帰宅1、私用1→帰宅2の順である。すなわち、2トリップの大部分を構成するものは、「行つて、帰る」という単純なパターンで全体が94.3%を占める。

表-5 3トリップのパターン

パターン	構成比(%)
1. 通勤→私用1→帰宅2	23.5 (23.5)
2. 私用2→私用1→帰宅2	15.0 (38.5)
3. 私用1→私用1→帰宅2	8.8 (47.3)
4. 通学→私用1→帰宅2	7.7 (55.0)
5. 通勤→私用2→帰宅2	6.9 (61.9)
6. 通勤→業務1→帰宅2	5.3 (67.2)
7. 私用2→私用2→帰宅2	4.7 (71.9)
8. 通学→私用2→帰宅2	4.4 (76.3)
9. 私用1→私用2→帰宅2	3.6 (79.9)
10. 業務1→業務1→帰宅2	3.3 (83.2)

(注) () 内は累積構成比

3トリップ(6.9%)においては、通勤→私用1→帰宅2というパターンが最も大きく、私用2→私用1→帰宅2も、これにつづいて、その他では最も大きな割合を示すものは見

a 最上位147-111, 通

学→帰宅1→衣甲1→帰宅2で、13.2%となっている。

以下、私甲1→帰宅2→私甲1→帰宅2、通勤→業務1→業務1→帰宅1の順である。3リットルまで4リットルでインと比べ異なる点は、業務1リットルで中間に居るパターンでの出現である。すなわち、通勤後に業務1リットルを行なう場合、通勤先と起終点とするリットルの存在が必要となるから、全干渉インから見れば、最低4リットルは要することになる。また、4リットルの全体的特徴として、□→帰宅→□→帰宅、つまり一回家へ帰り、そこから再び行動を起こすパターンがほとんどを占める。

と11.7°(2.9%)の場合、通勤→業務1→業務1→業務1→帰宅と11.7°が最も多く7.4%であるが、
 a他の構成比は、いずれも低いものである。この11.7°は、b11.7°のほぼと同様であり、このことから5
 11.7°以上と11.7°数では、業務11.7°を中心とした11.7°タイプが主であると判断できる。

以上概観したように、トリップ数・大小によるトリップ・パターンには明らかに差異が見られる。最も大きな差異は、4トリップ以下とトリップは居住地ベースが主であり、逆からトリップ以上とトリップは従業ベースが主であるということである。この事実を踏まえれば、同質である θ とトリップ数を平均化して生成原単位モデルを作成するよりは、トリップ数も対象に生成トリップ分布モデルを構築する方がより本質的だといえる。

4. 生成トリック分布モデルの作成

4-1 要因分析 生成トリップ分布モデルを個人属性ともとの紐付いたため、まずは個人属性が生成トリップをとるように関連しているかを明らかにする。すなわち、P.T調査データを用いて要因分析を行なったが、表-9は、分析の対象とした個人属性とはαカテゴリーを示したものである。

まず、生成トリップ数(0~36)×個人属性による独立性検査および分散分析を実施した。独立性検査において、「生成トリップ数」と個人属性は互いに独立である」という帰無仮説を棄却した場合は、その個人属性は生成トリップ分布と関係があると判断できる。一方、分散分析において、「水準(カテゴリ)間が差がない」という帰無仮説を棄却した場合は、分析に用いた主要カテゴリ分類と妥当であると判断でき、逆に棄却できなかった場合は、カテゴリ分類をやり直して、分析を繰り返すことになるが、カ

表-6 4トリップのパターン

パター ン		構成比(%)
1. 通 学→帰宅	1→私用1→帰宅	13.2 (13.2)
2. 私用1→帰宅	2→私用1→帰宅	7.8 (21.0)
3. 通 勤→業務	1→業務1→帰宅	7.5 (20.5)
4. 通 学→帰宅	1→私用2→帰宅	7.2 (35.7)
5. 私用2→帰宅	2→私用1→帰宅	6.4 (42.1)
6. 通 勤→帰宅	1→私用1→帰宅	4.6 (46.7)
7. 私用1→帰宅	2→私用2→帰宅	4.4 (51.1)
8. 通 勤→私用1	→業務1→帰宅	4.2 (55.3)
9. 業務2→私用2	→業務2→帰宅	4.2 (59.5)
10. 通 勤→帰宅	1→私用2→帰宅	2.6 (62.1)
11. 私用2→帰宅	2→私用2→帰宅	2.5 (64.6)
12. 業務1→帰宅	2→業務1→帰宅	1.7 (66.3)
13. 通 勤→私用2	→業務1→帰宅	1.7 (68.0)

(注) ()内は累積構成比

(注) () 内は累積構成比

表-7 5トリップのパターン

パ タ ー ン				構成比(%)
1.	通 勤→乗務1	→乗務1	→乗務1	7.4 (7.4)
2.	通 勤→乗務1	→乗務1	→私用1	7.7 (11.1)
3.	通 勤→乗務1	→乗務1	→乗務2	2.9 (14.0)
4.	通 勤→私用1	→乗務1	→私用1	2.9 (16.9)
5.	乗務1→乗務1	→乗務1	→乗務2	2.9 (19.8)
6.	私用2→私用1	→乗務2	→私用1	2.7 (22.5)
7.	私用2→私用1	→乗務2	→私用2	2.2 (24.7)
8.	通 学→乗務1	→私用1	→私用1	2.8 (26.5)
9.	通 学→乗務1	→私用2	→私用1	1.7 (28.2)
10.	私用1→私用1	→乗務2	→私用1	1.5 (29.7)
11.	私用2→乗務2	→私用2	→私用1	1.5 (31.2)
12.	私用2→私用2	→乗務2	→私用1	1.4 (32.6)
13.	通 勤→乗務1	→乗務1	→私用2	1.3 (33.9)

(注) () 内は累積構成比

表-8 6トリップのパターン

パターソン											構成比(%)	
1.	通	動	→	業務	1	→	業務	1	→	婦宅	1	10.4 (10.4)
2.	私用	1	→	婦宅	2	→	私用	1	→	婦宅	2	3.0 (13.4)
3.	私用	2	→	婦宅	2	→	私用	2	→	婦宅	2	2.9 (16.3)
4.	通	字	→	婦宅	1	→	婦宅	2	→	私用	1	2.9 (19.2)
5.	通	字	→	婦宅	1	→	私用	2	→	婦宅	2	2.2 (21.4)
6.	私用	2	→	婦宅	2	→	私用	1	→	婦宅	2	2.2 (23.6)
7.	私用	2	→	婦宅	2	→	私用	1	→	婦宅	2	2.0 (25.6)
8.	業務	1	→	業務	1	→	業務	1	→	婦宅	2	1.8 (27.4)
9.	私用	1	→	婦宅	2	→	私用	2	→	婦宅	2	1.5 (28.9)
10.	私用	1	→	婦宅	2	→	私用	2	→	婦宅	2	1.5 (30.4)
11.	私用	2	→	婦宅	2	→	婦宅	2	→	私用	2	1.3 (31.7)
12.	業務	2	→	婦宅	2	→	業務	2	→	私用	1	1.3 (33.0)
13.	通	字	→	婦宅	1	→	私用	2	→	婦宅	2	1.1 (34.1)
14.	通	動	→	業務	1	→	私用	1	→	業務	1	1.1 (35.2)

(注) () 内は異種構成比

表-9 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	性	
年	1. 5-9歳 2. 10-14 3. 15-19 4. 20-24 5. 25-29 6. 30-34 7. 35-39 8. 40-44 9. 45-49 10. 50-54 11. 55-59 12. 60-64 13. 65-69 14. 70-74 15. 75以上	年齢	
免許	1. 保 2. 非保	有	
重	1. 保 2. 非保	有	
		業	1. 専門・事務・技術職 2. 管理職 3. 販売従事者 4. 農林漁業従事者 5. 運輸・通信従事者 6. 生産工程労働者 7. サービス従事者 8. 学生（高校生以上） 9. 生徒・児童 10. 主婦 11. その他
		産	1. 農林漁業 2. 鉱業・建設業 3. 製造業 4. 卸売・小売業 5. 金融・保険・不動産業 6. 運輸・通信業 7. 電気・ガス・水道業 8. サービス業 9. 公衆衛生 10. その他

カテゴリ分類と通じし可能性をいふことは、その属性は生成トリップ分布と関係しないとは判断してもよいであろう。以上、判定規準を各々の分析結果を示している表-10に適用すれば、独立性検定からはすべての個人属性が生成トリップ分布と関係していると考えられるが、分散分析からは免許の有無と車の有無が無関係であるといえる。両者のカテゴリ別分析結果表-9に示されたもの以外にないことも考えれば、免許保有・非保有および車保有・非保有は、生成トリップ分布の説明要因として強いとありあがる必要はないと推察される。

表-10 独立性検定および分散分析の結果

個人属性	独立性検定	分散分析
性別	独立でない	1%有意
年齢	独立でない	1%有意
職業	独立でない	1%有意
産業	独立でない	1%有意
免許	独立でない	無 意
車	独立でない	無 意

以上は、個人属性を単独で考えた場合の議論であるが、必ずしも各説明要因が相互に独立に生成トリップ分布に関連するとは限らない。すなわち、要因同士が影響し合っ生成トリップ分布に関連することも十分考えられる。そこで、要因間の関係度を調べるために、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、分析対象となるものが分布形であるので、そのまゝでは分析が不可能であり、何らかの工夫が必要となる。ここでは χ^2 -法として、分布形を有するいくつかの統計量を分布を代表させ、それらによる分析を行い、その結果を総合的に判断することにより、要因間の関係を把握することにした。実際に用いた統計量は、平均値、標準偏差、変動係数および最大トリップ数 n の4つである。なお、個人属性は免許の有無と車の有無を除く4つとし、判定規準は先と同じものを印した。分析の結果について述べれば、平均値、標準偏差と変動係数に関して、すべて α レベルが相互に独立であると判断されたと、最大トリップ数では年齢 $\times$ 職業、年齢 $\times$ 産業と職業 $\times$ 産業が独立であると判明した。しかし、それらの非独立性の度合は小さく、また最大トリップ数 n 果たず役割は平均値や標準偏差などに比べると低いものであると考えられるから、敢えて年齢 $\times$ 職業などもクロス属性として処理する必要はないといえよう。したがって、先の分析で選定された個人属性すなわち性別、年齢、職業、産業を単独でモデルの説明要因に用いることと判断される。なお、これらのうち、職業と産業は互いに重複する部分が多く、若干の検討の結果、職業のみで十分であることがわかっており²⁾、本研究では産業を説明要因から除外することとし、結局、性別、年齢および職業の3要因を用いて、生成トリップ分布モデルを作成するものである。

4-2 分布モデルの形状

生成トリップ分布モデルは、前述のごとく、生成トリップ数生起確率を扱うモデルであるから、目的変数に確率値をとり、その説明要因に個人属性を用い、第2節の検討を踏まえ、特に地域性は考えないものとする。このとき、生成トリップ分布に関して、以下の式形を仮定する。

$$P = f(S, A, O)$$

P = 生成トリップ数生起確率分布 = $[p_0, p_1, \dots, p_n]^T$, S = 性別による生成トリップ数生起確率分布 = $[a_0, a_1, \dots, a_m]^T$, A = 年齢による生成トリップ数生起確率分布 = $[a_0, a_1, \dots, a_m]^T$, O = 職業による生成トリップ数生起確率分布 = $[o_0, o_1, \dots, o_m]^T$
 n = 最大生成トリップ数, $f(\cdot)$ = スカラー関数。

すなわち、各個人属性 j による生成トリップ数 n の生起確率を用いてモデルを構築するのであるが、問題は S, A, O をどのように表現するものである。先に検討したように、分布が偶数トリップ分布と奇数トリップ分布とに分けられ、2トリップの集中度が高いことなどから、その理論分布を定義することは困難である。そこで、個人属性のカテゴリ別に算出された生成トリップ数生起確率をテーブル関数的に定義し、これにカテゴリ構成比を用い、次のように表現するものとする。

$$\begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{01} & a_{02} \\ a_{11} & a_{12} \\ \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} w_1^a \\ w_2^a \end{Bmatrix}, \quad \begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{01} & \dots & b_{0,15} \\ b_{11} & & b_{1,15} \\ \vdots & & \vdots \\ b_{n1} & \dots & b_{n,15} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} w_1^b \\ w_2^b \\ \vdots \\ w_{15}^b \end{Bmatrix}, \quad \begin{Bmatrix} o_0 \\ o_1 \\ \vdots \\ o_m \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{01} & \dots & c_{0,11} \\ c_{11} & & c_{1,11} \\ \vdots & & \vdots \\ c_{m1} & \dots & c_{m,11} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} w_1^c \\ w_2^c \\ \vdots \\ w_{11}^c \end{Bmatrix}$$

ここに、 $[a_{ij}]$, $[b_{ik}]$, $[c_{il}]$: 性別、年齢、職業の各カテゴリ j, k, l の生成トリップ数生起確率分布, $\{w_1^a\}$, $\{w_2^a\}$: 性別、年齢、職業の各カテゴリの人口構成比。

上式は、個人属性による生成トリップ数生起確率が、カテゴリ別の生成トリップ数生起確率をカテゴリ構成比で重

オグザ平均することにより、導き出すことを意味している。S, A, Oは、社会・経済状況を反映したものであるから、これらの状況が将来において変化すれば、これに応じて当然S, A, Oも変化する。上式に従えば、これらの変化は、 $[A_{ij}]$, $[b_{ik}]$, $[C_{il}]$ の変化と $\{W_i^p\}$, $\{W_i^s\}$, $\{W_i^u\}$ の変化とに分解できる。しかし、 $[A_{ij}]$ 等とは、個人の交通行動にも関わって与えられるものであり、個人の行動パターンはこれほど大きく変動しないと考えられ、したがって $[A_{ij}]$ 等々の変化は、 $\{W_i^p\}$ 等々の変化と比べ、無視してよいと判断できよう。つまり、本モデルでは、 $[A_{ij}]$, $[b_{ik}]$, $[C_{il}]$ にはP.T.調査などから得られる値を与え、 $\{W_i^p\}$, $\{W_i^s\}$, $\{W_i^u\}$ のオグザ将来的に変化すると考えるものである。よって、モデルへの外生的入力値は、 $\{W_i^p\}$, $\{W_i^s\}$, $\{W_i^u\}$ となり、これらの性別、年齢および職業の各カテゴリーの人口構成比であることを考えれば、提案モデルは人口指標により、社会・経済状況を反映させたモデルといえる。

関数式の具体的な形状は、種々のものを仮定し、これらによる計算結果を見せよう、決めるべきであるが、ここでは乗法モデルを仮定する。すなわち、次式が本研究において提案するモデルである。

$$(4) \quad \begin{Bmatrix} p_0 \\ p_1 \\ \vdots \\ p_n \end{Bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} a_{01} & a_{02} \\ a_{11} & a_{12} \\ \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} W_1^p \\ W_2^p \\ \vdots \\ W_n^p \end{Bmatrix} \right)^\alpha \cdot \left(\begin{bmatrix} b_{01} & \dots & b_{0,15} \\ b_{11} & & b_{1,15} \\ \vdots & & \vdots \\ b_{n1} & \dots & b_{n,15} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} W_1^s \\ W_2^s \\ \vdots \\ W_{15}^s \end{Bmatrix} \right)^\beta \cdot \left(\begin{bmatrix} c_{01} & \dots & c_{0n} \\ c_{11} & & c_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ c_{n1} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} W_1^u \\ W_2^u \\ \vdots \\ W_n^u \end{Bmatrix} \right)^\gamma$$

ここで、 α, β, γ はパラメータである。上式中の定数項あるいは、説明変数および目的変数とも次元要素であることも考慮しなければならない。またその意味においては、 α, β, γ は互いに独立ではなく、 $\alpha + \beta + \gamma = 1$ が成立しなければならない。すなわち、パラメータ α, β, γ は、各々説明要因の生成力、分布に対する寄与度を表すものと解釈される。

残りの問題は、上述のパラメータ α, β, γ をいかに設定するにある。その方法として、以下に述べる2つを考へられる。第1の方法は、(4)式で帰帰モデルとみなすものであるが、 $\alpha + \beta + \gamma = 1$ なる制約条件下において最小乗法を適用し、 α, β, γ を推定する方法である。第2の方法は、 α, β, γ が寄与度であることも重視するもので、何等の分散を通して外生的に値を設定する方法である。たとえば、分散分析における分散比あるいは寄与率なども用いることが考えられる。

4-3 適用例 提案モデルを昭和49年北部九州圏パーソントリップ調査データに適用し、モデルの適合度の検討を行なう。なお、この場合n(最大生成力、人数)は、累積相対度数が99.99%の13トリップとし、確率は百分率表示とした。

(1) α, β, γ を最小乗法により推定する場合(モデル1) (4)式のような乗法モデルの場合、両辺を対数を取り、対数線型とした上で、最小乗法を適用する。一般的であるが、本モデルの説明要因は互いに関係があるから、この方法では多重共線性を生じる恐れがある。そこで、ここでは、ラプラス法を用い、非線型最小化問題を解いて、 α, β, γ を推定した。表一に、その計算結果を示したものである。まず、係数値を見ると、 α の値が若干大きめではあるが、 α, β, γ はほぼ1/3とみることができ、すなわち、3つの個人属性は生成力、分布に対する寄与が同等と判断される。次に適合度について見れば、定性的には $R=0.999$ 、定量的には $R.M.S.=0.195$ 、 $\chi^2=0.046$ と両面において申し分ない結果が得られ、モデル化したことによる精度の劣化は小さいといえる。

(2) α, β, γ を外生的に与える場合(モデル2) ここでは、分散分析における分散比を重み係数とする方法を取りあげよう。すなわち、ある個人属性の分散比が大きければ、それだけ水準(カテゴリー)

表一1 モデル1の係数値と適合度

係数	係数値		適合度		
	α	β	γ	R	R.M.S.
	0.340	0.332	0.328	0.999	0.195
トリップ					
	現実値	推計値	残差	相対誤差	
0	9.047	8.453	0.594	6.370	
1	0.951	0.945	0.006	0.670	
2	56.891	57.298	-0.407	-0.716	
3	6.964	7.036	-0.072	-1.035	
4	16.002	16.096	-0.094	-0.588	
5	2.940	2.954	-0.014	-0.488	
6	3.394	3.407	-0.013	-0.392	
7	1.246	1.244	0.002	0.171	
8	1.409	1.409	0.000	0.035	
9	0.382	0.381	0.001	0.364	
10	0.323	0.319	0.004	1.240	
11	0.205	0.205	0.000	0.178	
12	0.167	0.166	0.001	0.613	
13	0.078	0.078	0.000	0.437	
合計	99.999	99.990	0.009	0.009	

(注) 相対誤差=(現実値-推計値)/現実値 (X)

間に有意な差があるとは考えられるから、 γ の寄与度も大きいと考えられる。したがって、 $\alpha + \beta + \gamma = 1$ を満足するように各々の分散比を調整することにより、具体的 α, β, γ の値を得られる。 γ の場合、今考慮している要因3つである α, β, γ の3元配置法にもとづく分散比を用いる α, β 、最も合理的であると考えられるが、分布 γ も α を扱わねばならず、通常 α 分散分析の遂行が困難である。 γ で、本研究は、簡便的手法として単独 α 要因分析から生成トリップ×個人属性による分散分析の結果を用いることにした。 γ の計算結果を示せば、表-12のとおりである。係数値を見れば、モデル1と異なり、 α, β, γ 間には明らかに差異がある。すなわち、 α の値が γ よりも小さく、逆に β が小さくなっている。この違いは、分散比という指標を通して表現される生成トリップ分布に対する影響度の差であると解釈できる。一方、モデル1と同様に適合度 α 上での精度上劣化は小さいといえる。

表-12 モデル2の係数値と適合度

係 数 値			適 合 度		
α	β	γ	R	R.M.S.	χ^2
0.621	0.172	0.207	0.999	0.133	0.019
トリップ		現実値	推計値	残 差	相対誤差
0		9.047	8.662	0.385	4.250
1		0.951	0.942	0.009	0.917
2		56.891	57.198	-0.307	-0.539
3		6.964	7.006	-0.042	-0.599
4		16.002	16.062	-0.060	-0.373
5		2.940	2.942	-0.002	-0.083
6		3.394	3.394	0.000	0.005
7		1.246	1.238	0.008	0.605
8		1.409	1.402	0.007	0.493
9		0.382	0.378	0.004	0.919
10		0.323	0.318	0.005	1.401
11		0.205	0.203	0.002	0.764
12		0.167	0.165	0.002	1.141
13		0.078	0.077	0.001	0.846
合計		99.999	99.990	0.009	0.009

(注) 相対誤差=(現実値-推計値)/現実値 (%)

以上のように、両モデルとも精度的に問題ないことが判明したが、強いていえば、R.H.S., χ^2 も相対誤差からモデル2の方がよりよいモデルといえる。また、 α, β, γ の設定に関する考え方は、モデル1とモデル2とで異なり、前者は説明要因間の変動特性と被説明要因に対する影響力の兼ね合いにもとづいて α, β, γ を推定するのに対し、後者は被説明要因に対する寄与度という点を重視し、外生的に α, β, γ を与えるものであるから、モデル2のパラメータの方がより明確な意味を有するといえる。さらに、モデル1では、非線形連立方程式を解くという煩雑なキャリブレーション過程があるが、モデル2では、要因抽出過程における要因分析等の結果を流用することにより計算量を著しく低減できる。以上の点を勘案して、本研究はモデル2を推奨するものである。

6. おわりに

生成交通量モデルは、生成トリップ数の生成確率を与える生成トリップ分布として処理されることと整理でき、 γ の具体的な組み立ては、個人属性を基本にすべきであるというモデル作成上の方針のもとに、乗法モデル型の生成トリップ分布モデルを構築した。また、提案モデルを北部九州圏に適用したところ、精度 α 上での問題ないことが、判明したが、 γ の際、モデルパラメータの設定は、これらを寄与度と判断し、分散分析の結果を用いることが十分であるといえる。

参考文献

- 1) 河野・橋本：「選択構造を考慮した非集計交通需要予測モデルについて」、第5回土木計画学研究発表会議要集、1983。
- 2) 北部九州圏パーソントリップ調査報告書・現況解析編I、1973。
- 3) 橋本・河野・高橋：「カテゴリ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。