

都市における交通機関選好特性に関する研究

THE MODAL SPLIT STUDY IN URBAN AREAS

森 田 紹 之*

By Hirohisa Morita

1. 序 論

近年都市における自動車交通の行詰りは極限状態に達しており、それに加えて交通事故の発生、排ガスおよび騒音による公害の発生などが社会問題化している。これに対処するために公共的交通機関の整備を中心とした総合的な交通計画の立案が急務となってきた。

このような計画を円満かつ現実的なものとするためには、トリップする人々が各交通機関を選択するメカニズムを解明し、それに適応するようなモデルを組立てることが必要である。そのためには、人々がそれぞれのトリップにおいて各交通機関の持つ特性にいかなる価値を置いて交通機関の選択を行なうのかを知らねばならない。なかんずく、人々がなにゆえに自動車の利用を欲するのかを知らねばならない。これによって、新しい交通システムを含む各種交通施設の組合せと、料金、税制、交通規制などを合理的に策定できるであろう。

本研究は、このような観点から自動車と公共輸送機関というまったく質の異なる交通機関を対象にして、都市におけるパーソントリップの交通機関選好のメカニズムを解明し、それに適応するようなモデルを組立て、それにより人々の交通機関選好特性を定量的に把握することを目的としている。すなわち、パーソントリップの需要を入力、交通機関別分担（モーダルスプリット）を出力とした場合、交通機関の選好特性は両者の伝達関数であると考えて、その関数形を決定することを目的とするものである。また、交通機関の選好特性は各交通機関の間の相対便益（人々が各交通機関の特性を表わす諸要因に置いている価値の差）および相対費用（各交通機関を利用するに要する費用の差）によって決定されると考え、その相対便益を構成する諸要因を都市 OD 調査、

パーソントリップ調査などの既存の資料および独自に実施したアンケート調査をもとにしてトリップ目的別に検討し、どの要因が交通機関の選好特性に影響を与えるかを決定することを目的とする。さらにそれに加えて、相対便益を構成する諸要因を金額値として求めて定量的に評価し、各要因の交通機関の選好特性に対する影響度を決定しようとするものである。

また、交通機関の選好を規定する要因をできるだけ細かく分類し、それを金額値として求めて定量的に評価することによって、新交通システムなどの出現に対してこれらのシステムの評価を定量的にかつ多角的にできるようしようとするものである。

2. 在来の研究の概観とその検討

従来、交通機関の選好特性に関する研究は数多く行なわれてきているが、それを大別すると次の 3 つに分類できるであろう。

- (i) 道路相互間の選好特性に関する研究
- (ii) 公共輸送機関の間の選好特性に関する研究
- (iii) 自動車と公共輸送機関との間の選好特性に関する研究

このうち、(i) と (ii) に関する研究は欧米をはじめ、わが国において数多く行なわれてきているが、本研究とは異質なものである。したがって、ここでは (iii) に関する研究例を紹介し、それらの研究の問題点を指摘する。

自動車と公共輸送機関との間の選好特性に関する研究は、1955 年頃からアメリカで行なわれるようになった。これに関するモデルはトリップの発生、分布、配分との関係から見ると次の 3 つに分類できるであろう。

- (i) 各交通機関のトリップを直接発生させるモデル
これは初期の交通計画に通じるものであり、交通機関

* 正会員 工博 首都高速道路公団

別に交通発生量を求めるものである。すなわち、発生交通の前に交通機関別分担操作を行なうものである。

(ii) トリップエンドモデル

これは、パーソントリップの分布に先立ってトリップの発生量と集中量とを各交通機関別に配分する方法である。

(iii) トリップインターチェンジモデル

これは、パーソントリップが発生し、それを各 OD ゾーン間へ配分した後に、各交通機関への分担操作を行なう方法である。

さて、トリップエンドモデルの代表的な例としては、ウィスコンシン州において 1963 年に行なわれたミルウォーキなど 3 都市における OD 調査をもとにした研究がある²⁾。この研究は以下のような要領で行なわれている。

(i) トリップ目的

- ① 通勤, ② 買物, ③ その他

(ii) モデルに用いられた変数

- ① 世帯あたりの自動車保有台数
- ② 輸送システムの質

この要因としては、各交通機関のサービスの質を取上げ、それをアクセシビリティという指標で表わし、アクセシビリティの比を変数として用いている。ゾーン i における各交通機関のアクセシビリティ Q_i は次の式で求めている。

$$Q_i = \sum_{j=1}^N A_j (F_{ij})$$

A_j : ゾーン i の集中量

$$F_{ij} = \frac{1}{(\text{door-to-door のトラベルタイム})^b}$$

N : ゾーン数

b : トラベルタイムにより変化する指數

(iii) モデル

自動車保有台数、アクセシビリティ比を変数として、トリップ目的別に公共輸送機関利用率との関係を三次元的にグラフ化している。

トリップインターチェンジモデルの代表的な例としては、1960 年の NCTA の調査をもとにして行なわれた研究がある^{3)~5)}。この研究は以下の要領で行なわれている。

(i) トリップ目的：通勤、非通勤

(ii) モデルに用いられた変数

- ① 時間比, ② 費用比, ③ 所得, ④ 相対トラベルサービス

$$\text{相対トラベル} = \frac{\text{公共輸送機関の超過時間}}{\text{自動車の超過時間}}$$

ただし、超過時間とは徒歩時間、乗換・待時間、駐車所要時間などの合計である。

(iii) モデル

上述した 4 つの要因のそれぞれと公共輸送機関利用率との関係をトリップ目的別にグラフ化している。

さらに、モデルを数式で表わす研究も進められてきた。その一つとして P.R. Stopher の研究がある^{6), 7)}。このモデルの特徴は回帰係数を所得の関数形として求め、さらに時間評価値を所得の関数形として求めていることである。この研究は、以下の要領で行なわれている。

(i) トリップ目的：通勤

(ii) 調査対象：自動車保有世帯

(iii) モデルに用いられた変数

- ① 時間差, ② 費用差, ③ 所得

(iv) モデル式

$$P = a_0 + a_1 \Delta T + a_2 \Delta C$$

$$a_1 = \alpha_0 + \alpha_1 \log_e I, \quad \Delta T = \frac{a_1}{a_2}$$

$$a_2 = \beta_0 + \beta_1 \log_e I$$

P : 公共輸送機関利用率

ΔT : トリップ時間差(分)

ΔC : 費用差(ペニー)

I : 年間所得(ポンド)

T_E : 時間評価値

a, α, β : パラメーター

さらに、時間評価値を計算した例としてシカゴの CATS のデータをもとにした Thomas Lisco の研究がある⁸⁾。この研究は通勤トリップに対し、正規分布を用いるプロピット分析により時間評価値および 1 日のトリップにおける自動車固有の便益の評価値を求めている。

一方、わが国においては、自動車と公共輸送機関との間の選好特性に関する研究例は数少ない。その数少ない研究例の 1 つに、広島都市交通研究会が広島パーソントリップ調査資料をもとにして分析した「交通機関別分担の実態とその計量」という研究がある⁹⁾。この研究はトリップ目的を通勤、通学、業務、娯楽、買物、帰宅の 6 つに分け、要因として時間比、費用比、時間差を用い、このおのおのと公共輸送機関利用率との間の関係をトリップ目的別、自動車保有・非保有別にグラフ化して分析を行なっている。分析の結果、時間比を要因として用いた場合が最も相関が高いとして、将来の予測にはこれを用いている。

以上、いままでに行なってきた研究例をいくつか紹介したが、最後にその問題点を指摘しておく。

(i) 多くの研究は、トリップ目的を通勤に限っているか、通勤を中心に分析を行なっている。

(ii) トリップ目的がさらに細かく分類されていても、同じ要因によってモデルが組立てられている。トリ

ップ目的別に異なった要因が考えられるであろう。

(iii) 数組の要因が取上げられていても、そのおのとのと公共輸送機関利用率との関係をモデル化しており、要因を組合せた研究例は少ない。

(iv) 時間評価値=時間あたり賃金率(世帯あたり年間所得を年間労働時間で割ったもの)として用いているモデルが多いが、これは疑問である。

(v) 多くのモデルはモデル式を作成せずにグラフを用いているが、これだと要因の組合せに対処しにくい。

(vi) 多くの場合、交通機関選好特性を規定する要因は、一部の要因を除いて定性的に評価されており、定量的に評価されていない。

3. 交通機関選好のメカニズム

都市における輸送システムは、大別して次の2つのシステムに分けることができる。

- (i) 人の流れのシステム
- (ii) 物の流れのシステム

この2つのシステムの性質は大きく異なるので分けて取扱うのがよいと考える。しかしながら、この両者は互いに独立ではなく、お互いに影響をおよぼし合って成立しているものである。したがって、個々のシステムを完成した後に総合的なシステムを考え、もう一度個々のシステムにフィードバックさせなければならない。本研究では、この2つのシステムのうち人の流れのシステムを取り扱い、これを費用一便益の考え方によって解明していくことを目的とする。

人の流れのシステムには、大別して次の二通りの費用一便益があると考えられる。

- (i) 個人の費用一便益
- (ii) 社会の費用一便益

このうち個人の費用一便益は、個人が交通機関を選択する場合、その選択は競合する交通機関の相対便益と相対費用に左右されるという考え方に基づくものである。一方社会の費用一便益は、個人の交通機関の選択によって生ずる社会の利得および損失、道路および公共輸送機関整備のための投資、およびこれらによって生ずる交通事故・公害のような社会的損失などを総合的に評価するものである。また、これがフィードバックされて規制および政策などの面から個人の費用一便益に影響を与える。図-1にこの概略プロセスを示す。本研究においては、このうち個人の費用一便益による交通機関選好特性を中心に研究を進めて

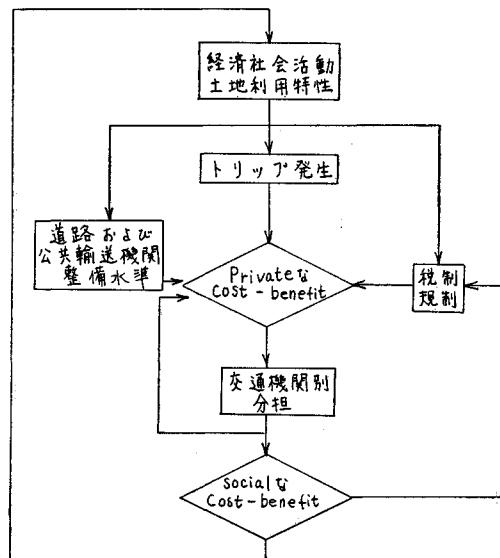


図-1 概略フローチャート

いく。

本研究においては、パーソントリップの交通機関選好特性を考えるに際し、以下のような前提条件を考えて分析を行なった。

(i) 交通機関の選好特性は、トリップ目的により異なる。

(ii) 交通機関の選好特性は、自動車保有世帯・非保有世帯により異なる。

(iii) 交通機関の選好特性は、競合する交通機関のサービス水準およびトリップする人の特性の関数となる。

交通機関の選好特性がトリップ目的によって異なることは、多くの研究例により知られている。たとえば、通勤トリップと買物トリップとでは、トリップの質が異なると考えるのはしごく当然のことであり、正当であると考える。ただし、トリップ目的の分類方法には多くの考え方方が存在しているのは事実である。本研究では、このトリップ目的を「通勤・通学」、「業務」、「社交・娯楽」、「買物」の4分類に分けて分析を行なった。

また、自動車保有世帯と非保有世帯について考えると、自動車非保有世帯には通常利用できる自家用乗用車

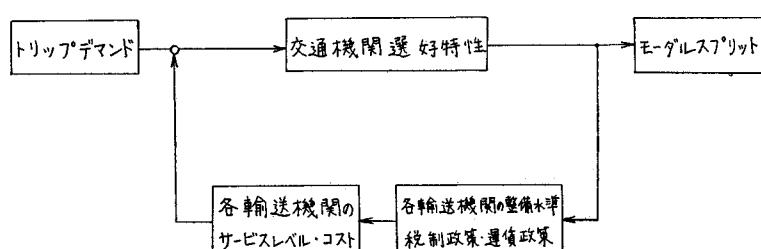


図-2 交通機関選好のメカニズム

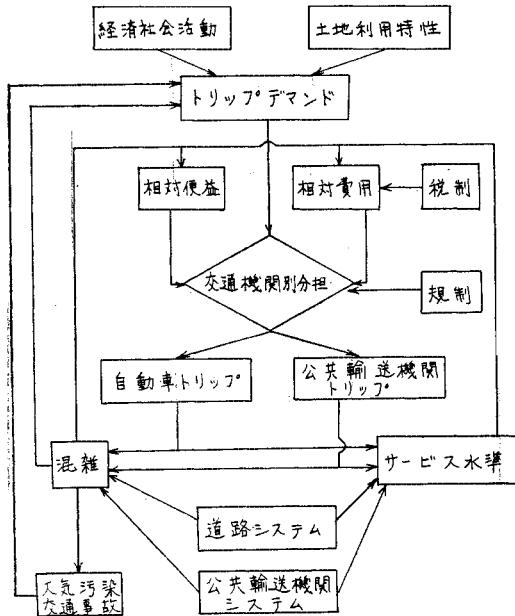


図-3 パーソントリップの交通機関配分プロセス

が手元にないわけであるから、当然この両者の交通機関選好特性は異なるであろう。それゆえ、この両者は分けで考えなければならない。

さて、自動車と公共交通機関との間の交通機関選好のメカニズムであるが、概略すると図-2 のようになると考える。すなわち、トリップ需要とモーダルスプリット（交通機関別分担）の間に交通機関の選好を規定する伝達関数が存在し、またそれに各輸送機関のサービス水準とコストがフィードバックされてかかるということである。

また、これをもう少し詳細に説明したのが図-3 である。すなわち、一度伝達関数によって自動車トリップと公共交通機関トリップに分担されたものが、おのおの道路網と公共交通機関網と呼応しておのののシステムのサービス水準およびコストを規定し、それがフィードバックされて相対便益と相対費用にかかるのである。さらに、それに加えて税制政策・運賃政策といった要因が相対費用に影響を与える。そして、伝達関数はこの相対便益および相対費用の関数形として決定されるわけである。

それとともに、各交通機関のサービス水準および混雑、自動車トリップなどによって発生する大気汚染および交通事故がトリップ需要に影響を与える。すなわち、これらが需要抑制の要因の1つとなるわけである。

本研究では、これらの前提条件をもとにして、以下に述べるような3通りの方法によってアプローチをし、その結果がほぼ似かよった値になることを目指した。

4. 重回帰分析による交通機関選好モデル

ここでは、昭和42年度に行なわれた広島都市圏パーソントリップ調査資料のうち広島市内の67ゾーンペアのデータを用いて、以下に述べるような前提条件をたてて分析を行ない、相対便益を構成する各要因の値をトリップ目的別、自動車保有・非保有別に金額値として求めた。ここで用いたトリップ時間、費用などのデータは、広島都市交通研究会がルートサーチによって求めたものをそのまま使用した。ただし、自動車の走行経費のデータは「乗用車需要動向調査¹⁰⁾」のアンケート調査結果から算定した7.76円/kmを用いてゾーン間距離から計算した。なお、本章ではデータがトリップ時間、費用、ゾーン間距離しか得られなかったので、相対便益を構成する要因として時間便益と自動車に乗ることによって得られる便益（固定便益と称する）の2つを考えた。

(i) 交通機関の選好特性は、トリップ目的により異なる。トリップ目的としては次の4つを考える。

① 通勤、② 業務、③ 娯楽、④ 買物

(ii) 交通機関の選好特性は、自動車保有世帯、非保有世帯により異なる。

(iii) 交通機関の選好特性は、競合する交通機関のサービス水準すなわち相対便益と相対費用に関係する。

(iv) 相対便益と相対費用が等しいときは、ある個人が2つの交通機関のうち一方を選択する確率は1/2となる。これをODゾーン間で考えた場合は、2つの交通機関のうち一方の交通機関を選択するトリップ数は、ODゾーン間に配分されたトリップ数の1/2となる。

(v) 相対便益は時間便益と固定便益との和である。

① 時間便益：競合する交通機関の時間差を金額値に換算したもの。すなわち、時間差に時間評価値（単位時間あたりの金額換算値）をかけたもの。

② 固定便益：快適性、便宜性といった各交通機関に特有な便益の平均値の差。

ただし、この2つの便益とも自動車に乗ることによって得られる便益が大きい場合を正とした。

(vi) 相対費用は、公共交通機関の運賃と自動車のコスト（ガソリン代および維持費）との差である。

(1) モデル式

分析は上に述べたような前提条件に基づいて以下のようないくつかのモデル式をたてて行なった。

$$B_{Rj} = B_{Oj} + B_{Tj} \quad \dots \text{相対便益} \quad (4.1)$$

$$B_{Tj} = T_{Ej}(T_m - T_c) \quad \dots \text{時間便益} \quad (4.2)$$

$$C_R = C_m - C_c \quad \dots \text{相対費用} \quad (4.3)$$

$$U_j = a(B_{Rj} - C_R) \quad \dots \text{便益費用差} \quad (4.4)$$

モデル式として次の2つを考えた。

$$\left\{ P = \frac{e^U}{1+e^U} \quad \dots \dots \text{Logit Function (4.5)} \right.$$

$$P = \int_{-\infty}^U \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} dx \dots\dots \text{正規分布 (4.6)}$$

ただし

j: トリップ目的 通勤, 業務, 娯楽, 買物

B_0 : 固定便益

T_E : 時間評価値

T : 旅行時間

C：運賃もしくは走行経費

P : ザーン間の公共交通機関利用率

m: 公共輸送機關

c. 自動車

a: パラメータ

(2) 分析結果および考察

重回帰分析^{11), 12)}によって求められた時間評価値、固定便益評価値および重相関係数を表-1に示す。この表にはトリップ目的別、自動車保有・非保有別に、またモデル式ごとにおののの値が示されている。この表に示されている固定便益評価値の値は快適性、便宜性といった各交通機関に特有な便益の平均値の差であり、自動車に乗ることによって得られる便益のほうが大きい場合を正と仮定したので、自動車非保有世帯の場合は自動車が手元にないのであるから、当然公共交通機関に乗ることによって得られる便益のほうが大きくなる。したがって、自動車非保有世帯の場合は一般に固定便益評価値は負となる。しかしながら、業務トリップの場合は自動車保有・非保有の場合とも正の値になっているが、これはほかのトリップ目的と異なり社用車および社用でタクシ

表-1 広島パーソントリップの分析結果

トリップ目的	自動車保有	モデル式	固定便益評価値	時間評価値	重相関係数
通勤	保有	Logit Func. 正規分布	13.4 17.6	円/分 3.22 3.32	0.850 0.894
	非保有	Logit Func. 正規分布	-93.7 -180.4	3.67 3.52	0.907 0.867
業務	保有	Logit Func. 正規分布	189.9 562.3	3.23 3.37	0.763 0.690
	非保有	Logit Func. 正規分布	31.7 36.4	3.61 3.64	0.902 0.899
娯楽	保有	Logit Func. 正規分布	20.6 25.5	3.37 3.46	0.802 0.843
	非保有	Logit Func. 正規分布	-58.7 -65.3	3.34 3.22	0.814 0.738
買物	保有	Logit Func. 正規分布	11.2 11.7	0.97 0.97	0.792 0.790
	非保有	Logit Func. 正規分布	-81.5 -137.8	0.95 0.97	0.781 0.733

ー・ハイヤーなどを利用できるためであるように思われる。

この結果から以下のようなことが言えるであろう。

(i) モデル式の比較では、Logit Function のほうが正規分布より固定便益評価値の値が低くなるが、次章で述べる東京都内のアンケート調査結果に基づいた分析結果と合わせて、Logit Function のほうが適切であるようと思われる。また、時間評価値の値に対するモデル式間の相違はほとんどない。

(ii) 時間評価値の値は、自動車保有と非保有との間では差はない。その値は通勤トリップ、業務トリップおよび娯楽トリップでは差ではなく、1分あたり3~3.5円ぐらいになる。また買物トリップに対しては1分あたり約1円になる。これらの値を時間あたり賃金率に対する比に換算すると、時間あたり賃金率は以下の計算式によると約436円となるので、通勤トリップ、業務トリップおよび娯楽トリップに対しては0.5前後、買物トリップに対しては0.15前後となっている。

昭和42年度広島市の世帯あたり所得¹³⁾：約96万円
年間労働時間：約2200時間

(平日 8 時間、土曜 4 時間、年 50 週として計算)

$$\text{時間あたり賃金率} = 960\,000 / 2\,200 \approx 436 \text{ 円/時間}$$

通勤、業務、娯楽トリップ $3.4 \times 60 / 436 \approx 0.47$

(iii) 快適性、便宜性といった各交通機関に特有な便益の平均値の差を考えた固定便益評価値の値は、自動車保有に対しては全トリップ目的に対して正の値になっており、自動車に乗ることによる便益のほうが大きくなっている。また、自動車非保有に対しては業務トリップを除いて負の値になり、公共輸送機関に乗ることによる便益のほうが大きくなっている。これは、自動車非保有世帯には利用できる車が手元にないわけであるから一般的の傾向と一致する。業務トリップの非保有に対して自動車に乗ることによる便益のほうが大きいのは、前にも述べたとおり社用車および社用によるタクシー・ハイヤーなどの利用が多いいためであろう。また、トリップ目的では業務トリップ、娯楽トリップ、買物トリップおよび通勤トリップの順で自動車に乗ることに対する価値を大きく考えていることがわかる。

(iv) このモデルには費用負担および駐車料金が考慮されていない。これが業務トリップに対する固定便益評価値の値がとび抜けて高くなっている一因となっているようである。

(v) 自動車トリップの中に、本来固定便益が異なると思われる自家用乗用車、社用車、タクシー・ハイヤー、および貨物自動車などが含まれている。これらは本来分けて考えるべきであると思われる。

(vi) ここでは、快適性、便宜性などの要因をデータ

の関係から固定便益評価値として一括して求めたが、データが得られるなら本来分けて考えなければならない。

5. 数量化理論を用いた交通機関選好モデル

ここではパイロットスタディ的なものとして、東京都市内の自動車保有世帯を対象に、自動車を保有している人がいかなる場合にどのような理由で車に乗るか、もしくは車に乗らないで公共交通機関に乗るかを調査し、その結果を数量化理論^{14),15)}を用いて分析した。すなわち、前章より多くの要因を用いて交通機関選好モデルを組立てて、トリップ目的別に相対便益を構成するさまざまな要因を決定し、さらにその要因の価値を金額値として求めた。

ここで用いたデータは、すべてアンケート調査の回答に書かれているものである。ただし、一部回答もれのトリップ時間および費用については、ほかの回答の資料とともに、時刻表、地図などを用いて推定した。また、自動車の走行経費については、回答者に自動車の走行距離を5km単位で回答してもらい、4. でも述べた“乗用車需要動向調査¹⁰⁾”結果から算定した1kmあたりの走行経費をかけて計算したもの用いた。

ここでは以下のような前提条件をたてて分析を行なった。

(i) 交通機関の選好特性は、トリップ目的により異なる。トリップ目的は以下の4分類とする。

① 通勤・通学、② 業務、③ 社交・娯楽、④ 買物

(ii) 交通機関の選好特性は、競合する交通機関のサービス水準すなわち相対便益と相対費用に關係する。

(iii) 相対便益を構成する要因として以下のようものが考えられる。

① 時間便益：競合する交通機関のトリップ時間差を金額換算値として表わしたもの。

② トリップ自体の特性による便益：これには徒歩時間差・待時間のようないわゆる超過時間(Excess time)、乗換回数、荷物の有無、同伴者の人数などの要因が考えられ、これらの要因の組合せによって決定される。

③ トリップする人の特性によるもの：これはいわゆるフェイスシートと呼ばれるもので、所得もしくは生活水準、年令、職業、性別、運転経験年数などが考えられる。

④ トリップする人の思想：これは本章で特に取上げた要因で、以下の4つについて考えた。

① 事故などの安全性に対する考え方

② 公害に対する考え方

③ 運転好きかどうか

③ 車の全天候性に対する考え方

(iv) 相対費用は公共交通機関と自動車とのコスト差である。公共交通機関のコストは運賃であるが、トリップ目的が「通勤・通学」の場合には定期代を考えた。自動車のコストには、ガソリン・オイル代、維持費、有料道路通行料金、駐車料金を含んだものを考えた。

(1) 調査項目

この調査はいわゆる意識調査とは異なり、仮想の質問に対する解答ではなく、実際に経験した状況を答えてもらったものである。調査期間は原則として3日間とし、調査項目は以下のようなものである。

A. フェイスシート(1世帯1回答)

- | | |
|-------------------|------------|
| ① 所得 | ② 家族の人数 |
| ③ 職業 | ④ 年令 |
| ⑤ 性別 | ⑥ 運転免許保持者数 |
| ⑦ 運転経験年数 | ⑧ 乗用車保有台数 |
| ⑨ 車に対するイメージ(三択一式) | |

① 車の安全性について

⑩ 車を運転して出かけると、事故に会いはしないかとかなり気にしている。

⑪ 車を運転して出かけると、事故に会いはしないかと多少気にしている。

⑫ 車を運転していても、自分が事故に会うことについてはふだんあまり気にしていない。

⑬ 公害に対する考え方：車は公害の発生源だといわれていますが、あなたは、

⑭ せめて自分だけでもよほどの理由がない限り車で出かけないようしている。

⑮ 混雑している街中になるべく車に乗って行かないようにしているし、またスマog警報が出ているときは車を使わない。

⑯ そうとは知っているが、事実上気にしないで使っている。

⑰ 車の運転について

⑱ 車を運転することを楽しいと感じる。

⑲ できれば車を運転したくないと思う。

⑳ どちらでもない。

⑳ 車の全天候性に対する考え方：車が全天候性であることを車を利用するかどうか決める際に

㉑ かなり考慮する。

㉒ やや考慮する。

㉓ あまり考慮しない。

B. トリップについて(1トリップ1回答)

I. 利用交通手段にかかわらず回答する項目

- ㉔ 出発地・目的地および出発時刻・到着時刻
㉕ トリップ目的
㉖ 同伴人数

- ④ 費用負担
- ⑤ 荷物の有無
- ⑥ 利用交通手段（二者択一式）
 - ⑦ 自家用乗用車
 - ⑧ 公共輸送機関

II. 利用交通手段別に回答する項目

次の(i),(ii)の項目については、利用したものについては実現値を、利用しなかったものについては予想値を記入。

(i) 自家用乗用車

- ① 車の排気量
- ② 全トリップ時間

- ③ 徒歩時間

- ④ 駐車料金

- ⑤ 有料道路通行料金

- ⑥ 走行距離（5km単位）

- ⑦ 道路の混雑状況（四枝択一式）

- ⑧ 選択理由

(ii) 公共輸送機関

- ① 利用交通手段（公共輸送機関中の分類）

- ② 全トリップ時間

- ③ 乗換・待時間

- ④ 予想最大待時間

- ⑤ 乗換回数

- ⑥ 運賃

- ⑦ 混雑状況（四枝択一式）

- ⑧ 選択理由

(2) データ数

配布部数は900部で有効回収部数は450部であった。

トリップ目的別トリップ数は以下のとおりである。

「通勤」、「娯楽」、「買物」：おのおの約400トリップ

「業務」：約300トリップ

(3) モデル

ここでは、被説明変数（外的な基準）が数量で与えられておらず分類で与えられているので、重回帰分析を用いることはできない。そこで外的な基準が分類で与えられている場合に、要因群にスコアを与えることによって各サンプルを外的な基準のいずれか（この場合「自家用乗用車選択層」と「公共輸送機関選択層」

の2つ）に判別する手法である数量化理論を用いることとする。

数量化理論は、まず外的な基準に関係ありそうな要因群を選び出してそれらの要因をそれぞれいくつかのカテゴリーに分類し、そこで各要因の各カテゴリーにスコアを与えておのののサンプルに対する要因のスコアの一二次和を作り、この一次和で表わされた得点によって各層に判別する手法である。ここで重要なのは、どのサンプルも要因に対して必ず1カテゴリーにだけ分類されるようすることである。

表-2 数量化理論を用いた分析結果

(a) Trip 目的 通勤				(b) Trip 目的 業務			
要因	分類	スコア	的中率	要因	分類	スコア	的中率
時間差	8分類(10分きざみ)	8円/分		時間差	8分類(10分きざみ)	7.5円/分	
費用差	8分類(20円きざみ)		0.749	費用差	7分類(20円きざみ)		0.770
年令	~30才 30~45 45~	-86円 75円 0	0.792	免許保持者数	1人 2人以上	62円 0	0.783
公害	考慮 考慮せず	-172円 0	0.796	安全	考慮 考慮せず	-132円 0	0.783
徒歩時間差	~5分 5~25 25~	0 20円 136円	0.768	公害	考慮 考慮せず	-119円 0	0.783
荷物	あり なし	153円 0	0.755	徒歩時間差	~5分 5~25 25~	0 30円 283円	0.783
同伴人	なし 1人 2人以上	0 133円 196円	0.771	荷物	あり なし	262円 0	0.799
(c) Trip 目的 娯楽				(d) Trip 目的 買物			
要因	分類	スコア	的中率	要因	分類	スコア	的中率
時間差	7分類(10分きざみ)	5円/分		時間差	7分類(10分きざみ)	3円/分	
費用差	7分類(20円きざみ)		0.591	費用差	7分類(20円きざみ)		0.619
免許保持者数	1人 2人以上	0 83円	0.663	公害	考慮 考慮せず	-61円 0	0.667
安全	考慮 考慮せず	-69円 0	0.657	全属性	考慮 考慮せず	50円 0	0.632
公害	考慮 考慮せず	-35円 0	0.612	徒歩時間差	~5分 5~25 25~	0 20円 110円	0.603
全属性	考慮 考慮せず	70円 0	0.708	乗換回数	1回以下 2回以上	0円 32円	0.619
徒歩時間差	~5分 5~25 25~	0 170円 221円	0.714	荷物	あり なし	112円 0	0.663
荷物	あり なし	61円 0	0.580	同伴人	なし 1人 2人以上	0 89円 91円	0.699
同伴人	なし 1人 2人以上	0 77円 83円	0.607				

表—3 4要因以上組み合わせた場合の的中率

トリップ目的	時間差・費用差に加える要因	的中率
通勤	荷物・同伴者	0.764
	年令・公害	0.806
	公害・荷物・同伴者	0.819
	年令・公害・同伴者	0.820
業務	安全・公害	0.783
	公害・荷物	0.797
	荷物・同伴者	0.801
	安全・公害・荷物・同伴者	0.824
娯楽	荷物・同伴者	0.637
	安全・公害・全天候性	0.772
	安全・公害・全天候性・荷物・同伴者	0.786
	安全・公害・全天候性・荷物・歩時間差・同伴者	0.825
買物	公害・同伴者	0.702
	公害・荷物	0.714
	荷物・同伴者	0.771
	公害・乗換回数・荷物・同伴者	0.795

また、スコアは各要因のいずれかを1つのカテゴリーを0とし、全サンプルの分散と外的基準間の外分散の比が最大になるよう与える。さらに、判別の的中率は各サンプルに与えられるスコアを計算し、外的な基準の各グループに対する累加曲線を描き、その交点を求ることによって得られる。

(4) 分析結果および考察

数量化理論によって求められた分析結果のうち、トリップ目的別にスコアの高い要因および的中率の高い要因に対する結果を表—2に示す。スコアは各要因とも、費用差のスコアから換算して求めた金額換算値である。また、費用差の項目に対する的中率は、要因として時間差および費用差を用いた場合の的中率であり、そのほかの要因に対する的中率は、時間差・費用差にその要因を加えた場合の的中率である。さらに、要因を4つ以上組み合わせた場合の的中率をトリップ目的別に表—3に示す。

この結果から以下のようなことがいえるであろう。

(i) 時間評価値は、通勤トリップおよび業務トリップに対しては1分あたり8円前後、娯楽トリップに対しては1分あたり5円前後、買物トリップに対しては1分あたり3円前後となっている。これを下記の計算によって算定した時間あたり賃金率の比に換算すると、通勤トリップおよび業務トリップでは0.5前後、娯楽トリップでは0.3前後、買物トリップでは0.2前後となっている。

アンケート回答者世帯あたり平均所得：約230万円
年平均労働時間(4. 参照)：約2200時間

時間あたり賃金率：230万円/2200時間
 $\div 1050\text{円}/\text{時間}$

通勤トリップ；8円/分 \times 60分 \div 1050円/時間 $\div 0.46$

(ii) 通勤トリップおよび業務トリップに対しては、時間差および費用差の要因のみでかなり説明できるが、ほかのトリップ目的に対しては、この2要因のみでは不十分である。

(iii) 表—2の要因に対して、要因のスコア、的中率、およびその要因の分類に属するサンプル数から判断すると、時間差および費用差のほかに、公害に対する考え方、荷物の有無、同伴人数が全トリップ目的に対して有効な要因であり、そのほかトリップ目的別に

- ① 通勤：年令
- ② 業務：安全に対する考え方
- ③ 娯楽：安全および全天候性に対する考え方、徒步時間差
- ④ 買物：乗換回数

が有効な要因である。そのほか表—2に列挙した要因すべて有効な要因と思われるが、上に列挙した要因の中に含まれていないものは、効果が上に述べたものほど表われないと考えられるので、交通機関の選好特性の検討には使用しなくてもよいであろう。また、アンケート調査項目のうち、表—2にあげられていないものは影響があまり表われなかつたものである。しかしながら、これらについてはさらに検討する必要があろう。

6. 自動車保有率と交通機関選好特性

ここでは、人々が自動車を保有することによって得られる便益の期待値が、それによる費用の期待値を上回ると考えたときに自動車を保有すると仮定した。この考えをもとに全国42都市において、昭和43年度の都市OD調査を中心として総理府の所得統計¹³⁾、運輸省の輸送統計^{16)~18)}などの資料を用い、都市OD調査と各都市における所得水準、道路整備水準、公共交通機関整備水準とを関連づけて、重回帰分析を用いて自動車を保有することによって得られる便益を定量化することを試みた。

そのため、以下のような前提条件をたてて分析を行なった。

(i) 自動車を保有するか否かは、自動車を保有および使用することによって生ずる便益の期待値（期待便益と呼ぶ）およびその費用の期待値（期待費用と呼ぶ）に関係する。すなわち、期待便益が期待費用を上回るときに自動車を保有する。

(ii) 期待便益は自動車を保有する人の特性、道路および公共交通機関整備水準の関数となる。また、期待便益は自動車使用状況の関数でもある。期待便益を構成する要因として以下のものがある。

- ① 所得：地位の象徴、時間便益に影響を与える要因
- ② 使用目的
- ③ 年間走行距離：自動車の使用状況を表わす要因
これが増えると便益が大きくなる。
- ④ 道路および公共交通機関整備水準：交通機関のサ

サービス水準を表わす要因、これが時間便益、快適性、便宜性などの便益の値に影響を与える。

(5) そのほか自動車保有によって生ずる便益：定数項

(iii) 期待費用は、自動車の保有および使用によって

生ずる費用であり、以下の項目からなる。

① 走行経費、② 維持・修繕費、③ 税金・保険、④ 減価償却費

(1) モデル式

分析は、上に述べたような前提条件に基づき 4. と同様に正規分布、Logit Function の 2 つのモデルを考え試みた。しかしながら、予備分析の段階で Logit Function のモデルは正規分布のモデルに比べてかなり相関係数が低く、また自動車保有の確率分布は正規分布と仮定できると考え、正規分布モデルを採用した。ここで用いたモデル式は以下のとおり。

$$\begin{aligned} B_E &= f(I, D, R, M) \\ &= a_0 + a_1 I + a_2 D + a_3 R + a_4 M \end{aligned} \quad \dots \text{期待便益} \quad (6.1)$$

$$\begin{aligned} C_E &= \text{走行経費} + \text{維持・修繕費} + \text{税金・保険} \\ &\quad + \text{減価償却費} \end{aligned} \quad \dots \text{期待費用} \quad (6.2)$$

$$U = a(B_E - C_E) \quad \dots \text{便益費用差} \quad (6.3)$$

$$P = \int_U^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} dx \quad \dots \text{保有率} \quad (6.4)$$

P : 都市における自動車保有率（世帯あたり）

I : 所得 D : 年間走行距離

$R = DK/S_R$: 道路整備水準

DK : 年間走行台キロ S_R : 道路面積

$M = DB/S$: 公共輸送機関整備水準

DB : 公共輸送機関年間走行距離

S : 都市面積

(2) 分析結果および考察

重回帰分析によって得られた結果のうち、一番相関係数が高かったものを表-4 に示す。このモデルはデータに不備な点が多くデータへの信頼性がそれほど高くなないので良好な結果が得られたとはいえないが、少なくとも以下のこと�이えるであろう。

(i) このモデルは方法論としては適切であると考えられるので、さらに検討する必要があると思われる。

(ii) 今後、自動車保有のモ

表-4 自動車保有モデルの分析結果

要因	係数	金額換算値	重相関係数
所得(万円)	0.0152	千円 3.62	
走行距離(km)	0.0020	0.48	
道路整備水準(千台キロ/ha)	-0.0082	1.95	
公共輸送機関整備水準(km/km ²)	-0.00011	0.026	
定数項	1.2139	289.0	
期待費用(千円)	-0.0042		0.776

デルを組立てるときには、道路整備水準、公共輸送機関整備水準などの要因をつけ加えて考える必要があるようと思われる。また、これらの要因はかなり有効であるようと思われる。

(iii) 道路整備水準に対しては道路面積あたりの走行台キロ、公共輸送機関整備水準に対しては都市面積あたりの公共輸送機関走行距離が一つの適切な指標であると思われる。しかしながら、これに関してはさらに検討する必要がある。

(iv) 一般的にいって各資料ともデータの不備が目立った。特に都市別に整備されているものが少なかったように思われる。この点早急に都市別のデータを整備する必要があると考えられる。

7. 結論および今後の課題

(1) 交通機関の選好特性を考える際には、まず第一に以下の 2 つの条件を考える必要がある。

(i) 交通機関の選好特性は、トリップ目的により異なる。

(ii) 交通機関の選好特性は、自動車保有世帯、非保有世帯により異なる。

(2) 方法によって若干の相違はあるが、4., 5. で得られた結果をまとめると以下のようになる。

(i) 時間評価値は、自動車保有・非保有では差は見られず、トリップ目的別には相違がある。その値は、時間あたり賃金率（世帯あたり年間所得を年間労働時間で割った

表-5 時間評価値

トリップ目的	賃金率に対する割合
通勤	0.5
業務	0.5
娯楽(都市内のみ)	0.5
娯楽(含都市間)	0.3
買物	0.2

もの）の比に直すと、表-5 のような値をとるであろう。ただし、娯楽トリップについては、4. では都市内のものを取扱

い、5. では都市間のものを含めて取扱ったので

分けて掲載した。

(ii) トリップ目的「通勤・通学」および「業務」に対しては、自動車保有世帯、非保有世帯に分けて考えれば、トリップ時間差および費用差の 2 要因によってモデルを組立てることが可能である。これに反してトリップ目的「娯楽」および「買物」に対しては、この 2 要因のみでは不十分である。しかしながら、この 2 つのトリップ目的に対してもトリップ時間差および費用差の 2 要因は重要な要因であり、これらの要因を除いてモデルを組立てることはできない。

(iii) 時間差、費用差のほかに、公害に対する考

表-6 そのほかの便益の評価値

目的	要 因	評 価 値	平 均 値
通 勤	公 害	-170 円	
	荷 物	150 円	
	同 伴 人 数	120 円/人	50 円/1 トリップ
業 務	安 全	-130 円	
	公 害	-120 円	
	荷 物	260 円	
娛 楽	同 伴 人 数	100 円/人	100 円/1 トリップ
	安 全	-70 円	
	公 害	-35 円	
買 物	全 天 候 性	70 円	
	徒 步 時 間 差	170 円	
	荷 物	60 円	
	同 伴 人 数	70 円/人	150 円/1 トリップ
	公 害	-60 円	
	乘 換 回 数	30 円/回	
	荷 物	110 円	
	同 伴 人 数	90 円/人	60 円/1 トリップ

方、荷物の有無、同伴人数が全トリップ目的に対して有効な要因であり、そのほかトリップ目的別に

- ① 通勤：年令
 - ② 業務：安全に対する考え方
 - ③ 娯楽：安全および全天候性に対する考え方、徒步時間差
 - ④ 買物：乗換回数
- が有効な要因である。

(iv) 時間評価値以外の便益の評価値(4. で固定便益評価値と呼んだもの)は、4. の固定便益評価値の値を参考にして、5. の各要因の評価値のうちトリップ目的別に有効な要因を取上げ、それを使って各トリップ目的ごとに各サンプルの固定便益評価値を計算してそれらを平均すると、表-6 のような値になる。

(3) 今後の課題

(i) 5. で説明した数量化理論は適切な手法であると思われる所以、今後さらに大規模な調査を行なう必要があろう。

(ii) タクシーおよび社用車についての評価については、いろいろ検討したが結局未解決のまま残ってしまった。

(iii) 6. で説明した自動車保有に関するモデルは適切な方法であると思われる。したがって、データがそろえば良好な結果が得られると考えられる。また、このモデルは自動車保有率の推定モデルとして利用できるであろう。

(iv) ここで取扱ったのは、トリップをする人の費用一便益であるが、このほかに社会の費用一便益についての検討が必要である。

(v) ここで取扱ったのは、パーソントリップのモデルであるが、物流に関するモデルの検討も必要である。

参 考 文 献

- 1) Edward Weiner : Modal Split Revisited, Traffic Quarterly, 1971 年 3 月
- 2) Edward Weiner : A Modal Split Model for Southeastern Wisconsin, Technical Record, Vol. II No. 6, Southeastern Wisconsin Regional Planning Commission, 1966 年 8~9 月
- 3) A Model for Estimating Travel Mode Usage in Washington D.C., Vol. I, V Traffic Research Corporation, 1962 年 7 月
- 4) Deen, T.B., Mertz, W.L. and Irwin, N.A. : Application of a Modal Split Model to Travel Estimates for the Washington Area, Highway Research Record No. 38
- 5) Sosslav, A.B., Heanve, K.E. and Balek, A.J. : Evaluation of a New Modal Split Procedure, Highway Research Record, No. 88
- 6) Stopher, P.R. : Predicting Travel Mode Choice for the Work Journey, Traffic Engineering & Control Vol. 9 No. 9, 1968 年 1 月
- 7) Stopher, P.R. : A Probability Model of Travel Mode Choice for the Work Journey, Highway Research Record
- 8) Thomas Lisco : The Value of Commuters' Travel Time, A Study in Urban Transportation, University of Chicago Press, Chicago Illinois, 1967 年
- 9) 交通機関別分担の実際とその計量、広島都市交通研究会
- 10) 乗用車需要動向調査、日本自動車工業会
- 11) 藤本 照：統計数理の基礎と応用、日刊工業新聞社
- 12) 森田優三：統計数理入門、日本評論社
- 13) 全国消費者動向調査、総理府統計局
- 14) 林知己夫・村山孝喜：市場調査の計画と実際、日刊工業新聞社
- 15) 塩野 実・浅野長一郎：多変量解析論、共立出版
- 16) 全国旅客自動車運送事業者便覧、運輸省自動車局
- 17) 陸運統計年報、運輸省陸運局
- 18) 私鉄要覧、運輸省鉄道局

(1972. 9. 5・受付)
(1973. 3. 31・再受付)