

一般化時間を組み込んだ交通手段選択 モデルに関する基礎的研究

A TRANSPORTATION MODE-CHOICE MODEL INCORPORATING THE GENERALISED TIME

毛利正光*・新田保次**

By Masamitsu MŌRI and Yasutsugu NITTA

1. まえがき

わが国における交通需要予測に関する研究は、1960年代、70年代に、四段階推定法を中心に発展を遂げ、おもに大都市圏の交通計画に有用な情報を与えた。この時代には、増加する都市人口と車交通量に対処するため、絶対的な道路不足を背景に、幹線道路中心の交通計画が立てられ、道路が建設された。このため、需要推計は、比較的大きく分割されたゾーン単位に集められた情報をもとに、実施された。そして、交通手段の分担特性に関する研究はこのような事情により、ゾーン属性と交通手段の分担関係を探り、モデル化する、いわば、集計型のモデル開発に焦点をおいたものであった。

しかし、1970年代中途の第1次オイルショックを期に、経済活動が低成長期に入るとともに、交通関連の投資も制約を受けるに至った。また、都市部の道路混雑により、車から公共輸送機関への転換の必要性が叫ばれるようになった。このため、既存の交通施設の運用により、交通サービスの向上を図ることが重要な政策課題として登場した。これらの政策評価のためには、集計型モデルによるアプローチでは不十分な点が多く、交通行動主体に着目して、選択法則を把握し、モデル化する非集計型モデル構築に関する研究が行われるようになった。

非集計交通手段選択モデルに関する研究は、1960年代に欧米において始められた^{1)~3)}。Quarmbyの試み¹⁾は、「行動主体は交通に伴う非効用を最小にする手段を選択する」という仮説に基づいてモデル化を行う研究の最初の試みであった。1970年代に入ると、MITの交通研究グループを中心に、消費者行動選択理論の交通部門への応用研究が発展し、従来の四段階法を修正する新しい需要予測手法が提案されつつある⁴⁾。わが国でも、こ

れらの影響を受けてロジット型選択モデルの研究が、杉恵、太田、原田らを中心に進められている^{5)~8)}。この場合、非効用を選択要因の線形関係で示し、パラメーターを最尤法により決定する方法がとられているが、パラメーターの性質の把握に、まだ不十分な点があり、時間的、空間的に一般性のあるモデル開発に向けて研究が取り組まれている状況である。

そこで、本研究では、非集計交通手段選択モデルの効用関数を、従来のように最尤法により、一気にパラメーターを決定し、求めるといった方法ではなく、一般化時間を効用関数に組み込み、モデル化を行う方法をとることにした。そのため、まず、一般化時間とそれを組み込んだ選択モデルの定式化を行うことにした。そして、通勤交通と業務交通を対象にした意識データにより、一般化時間モデルの係数である「等価時間係数」を交通モード別に求め、さらに、一般化時間の一次式で示された非効用の係数を求め、二項選択型の選択モデルを決定することにした。

一般化時間モデルの等価時間係数に関する研究は、従来、次のものがある。McIntosh・Quarmby⁹⁾は、交通時間を交通モード別に分割し、各交通モードの等価時間係数をそれぞれの交通時間に乘じ、総和し、一般化時間を求める方法を提案した。この提案に基づいて、交通モード別等価時間係数が多くの研究者によって求められた¹⁰⁾(表一)。わが国では、谷・宮武¹¹⁾が東京と長崎において、通勤時を対象に求めた。なお、表一に示す値は、各モードの所要時間あるいは乗り換え回数を鉄道着席時の所要時間に換算する係数であり、たとえば、鉄道立席の等価時間係数が2ということは、鉄道立席状態での10分は着席状態での $2 \times 10 = 20$ 分と等価であることを示す。また、乗り換え1回の等価時間係数が7.0ということは、乗り換え1回は鉄道着席状態での7.0分と等価であることを示している。Goodwin¹⁰⁾は、McIntoshらの研究を発展させ要因として新たに effort を導入し、

* 正会員 工博 大阪大学教授 工学部土木工学科

** 正会員 工修 大阪大学助手 工学部土木工学科

表-1 従来における等価時間係数

| | 鉄道 道 席 | 鉄道 立 席 | 徒歩 | 待ち | 乗り換 え1回 | 他 |
|---|--------------|--------------|-----|-----|------------|---------------------------|
| Quarmby ¹⁾ (1967) | 1 | | | | | excess time 2.3 or 2.6 |
| McIntosh et al. ⁹⁾ (1970) | 1 | | 2 | 2 | | |
| Wilson et al. ¹¹⁾ (1969) | 1 | | 1 | 2.0 | | |
| Costinetti ¹²⁾ (1973) | 1 | | 1.7 | 2.3 | | |
| Rogers et al. ¹³⁾ (1970) | 1 | | 2.4 | 1.7 | | |
| Steele et al. ¹⁴⁾ (1973) | 1 | | 2.8 | 2.1 | | |
| Davis et al. ¹⁵⁾ (1973) | 1 | | 2.5 | 3.2 | | |
| 谷・宮武 ¹⁶⁾ 東京 長崎 | 1 | 1.4 | 2.5 | 1.0 | 7.0 | |
| | 1 | 1.4 | 1.7 | 1.8 | 8.7 | |

注) 乗り換え1回の等価時間係数の単位は(分/回)である。
他は単位はない。

定式化した。

いずれの研究とも、鉄道利用を中心とした場合のものであり、バス、自転車などのアクセス手段、代表交通手段としての車の係数は求めていない。本研究では、これらのモードについても係数を求めることにし、これらの係数を用いて求めた一般化時間を組み込んだ選択モデルを交通モードの選択意識データに適用することを試みた。

2. 一般化時間を組込んだ交通手段選択モデル

従来、交通手段選択モデルとして、ロジットモデルが理論的背景の妥当性、実用上の便利さの点で優れていることから、多く使われてきた。本研究においても、交通手段選択モデルとして、このモデルを採用し、二項選択型の交通手段の選択現象を対象に、効用関数に一般化時間を組み込んだ新たな選択モデルの定式化を図ることにした。

(1) 二項選択型ロジットモデル

たとえば、自宅から勤務先に行く場合に、A、B という2つのルートがあった場合に、Aを選択する確率(P_A)は次式で示される。

$$\left. \begin{aligned} P_A &= 1/[1 + \exp(U_B - U_A)] \\ P_B &= 1 - P_A \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

ただし、

P_A, U_A : ルートAを選択する場合の確率と効用
 P_B, U_B : ルートBを選択する場合の確率と効用

なお、効用 U は効用の中で変動しない項、つまり確定項を示している。

(2) 一般化時間を組み込んだ効用関数

通勤、業務、買物交通など、ほとんどの交通は、交通自体が目的ではなく、社会的活動を遂行するうえでの手段として位置づけられるため、交通自体はプラスの効用ではなく、マイナスの効用を生ずることになる。よって、交通手段選択においては、このマイナスの効用(非効用と称す)を最小にする手段を選択するということになる。よって、式(1)において、 U_A, U_B は負で示される。

一般に、交通は徒歩のみでなされる場合は少なく、複数の交通モードの組合せによってなされるとともに、鉄道料金、バス料金などの費用も必要とする。このことを考慮して、Quarmby^{9), 17)}らは、交通時間を乗車時間(t_1)、徒歩時間(t_2)、待ち時間(t_3)に分割し、かつ、費用(m)も考慮して、非効用を次式のように、これらの要因の線形式で示した。

$$U = b_1 t_1 + b_2 t_2 + b_3 t_3 + b_m m \dots\dots\dots(2)$$

ただし、 b_i : 係数 ($i=1, 2, 3, 4$)

さらに、Goodwin¹⁰⁾は、effortの要因も含んだモデルを定義し、式(2)の係数にeffortが反映していることを示した。

本研究では、要因として乗り換え回数も加えるとともに、トリップが*i*個の交通モードにより構成されている一般的なケースを想定して、非効用の確定項を式(3)で定義する。また、このとき、各トリップには、上記要因によっては影響されない固有の非効用が存在するものとし、それを定数(b_0)で示した。

$$U = b_1 t_1 + b_2 t_2 + \dots + b_i t_i + b_e N + b_m M + b_0 \dots\dots\dots(3)$$

ただし、 t_i : 交通モード*i*の交通時間

N : 乗り換え回数

M : 費用

式(3)を b_1 で除すと、

$$U/b_1 = t_1 + (b_2/b_1)t_2 + \dots + (b_i/b_1)t_i + (b_e/b_1)N + (b_m/b_1)M + b_0/b_1 \dots\dots\dots(4)$$

このとき、一般化時間 G_t は、次式で示され、交通モード1を基準にしたものである。

$$G_t = t_1 + \mu_2 t_2 + \dots + \mu_i t_i + \mu_e N + \mu_m M \dots\dots\dots(5)$$

ただし、

$$\mu_i = b_i/b_1, \mu_e = b_e/b_1, \mu_m = b_m/b_1$$

ここで、 μ_i を交通モード*i*の「等価時間係数」と称することにした。なお、 μ_m は時間価値の逆数で表わされる。

よって、一般化時間 G_t を使うと、非効用は

$$U = b_1 G_t + b_0 \dots\dots\dots(6)$$

となる。

(3) 交通手段選択モデル

式(6)より、式(1)で示した U_A, U_B の定数項は、
AとBで異なるとすると

$$\left. \begin{aligned} U_A &= b_1 G_{tA} + b_0 A \\ U_B &= b_1 G_{tB} + b_0 B \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

となり、式(1)は次式で示される。

$$\left. \begin{aligned} P_A &= 1/[1 + \exp(a\Delta G_t + b)] \\ P_B &= 1 - P_A \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

ただし、 $\Delta G_t = G_{tB} - G_{tA}$

$$a = b_1$$

$$b = b_0 B - b_0 A$$

この式がここで提案する交通手段選択モデルであり、選
択確率は一般化時間差 (ΔG_t) を説明変数として示され
る。

3. 効用の独立性、加法性に関する検証

(1) 目的と方法

交通手段選択モデルは、式(3)に示す効用関数を基礎
にして導かれたが、このとき、各モードの効用の独立性
と加法性を仮定していた。そこで、ここでは、この仮定
がはたして妥当性をもつものかどうかの検証を加えるこ
とにした。式(3)の効用関数は、大きくは時間、乗り換
え回数、費用という次元の異なる3つの属性によって構
成され、さらに時間はモード別の所要時間に分割されて
いる。本来、これらはすべての属性について効用の独立
性および加法性を検証する必要があるが、モード数が多
いため質問項目が相当数にのぼり、確かな情報を被験者
から引きだし得ることが困難であると予想されることから、
所要時間については、モード別に分割せず、総所要
時間を用い、乗り換え回数、費用を加え、3つの属性に
ついて、Keeneyの方法²⁰⁾を用いて検証することにし
た。

(2) 調査の方法と結果

本調査は、通勤に要する所要時間、乗り換え回数およ
び通勤費という3つの属性について、選好の独立性、効
用の独立性、効用関数の加法性を検証する目的で、1983
年9月に大阪大学の20才代から40才代までの教職員
20名を対象に面接方式にて実施した。調査で用いた属
性、測定単位、許容範囲を表-2に示した。このとき用
いた通勤時間、乗り換え回数は片道のものであり、通勤
費用は1か月当たりである。たとえば通勤時間(T)は
片道の所要時間を示し、最良のケースで30分、最悪の
ケースで120分を想定している。なお、調査票の作成に

表-2 属性、その測定単位および許容範囲

| | 属 性 | 測定単位 | 最 良 | 最 悪 |
|---|------------|------|-------|--------|
| 1 | 通勤時間 (T) | 分 | 30 | 120 |
| 2 | 乗り換え回数 (N) | 回 | 0 | 4 |
| 3 | 1か月通勤費 (M) | 円 | 3 000 | 30 000 |

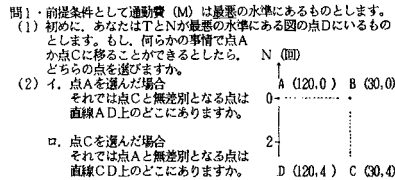


図-1 選好の独立性に関する質問

あたっては文献 21) を参考にした。

a) 選好の独立性

Keeney の検証方法に従い、通勤時間 (T) と乗り換
え回数 (N), T と通勤費 (M), N と M の選好の独
立性に関する質問項目を作成した。図-1 に前提条件と
して M が最悪の水準にある場合の T と N に関する
質問を示しているが、同様にして M が最良の水準にあ
る場合の質問を実施した。このようにして T と N に
関して2つの質問項目を設定し、同様にして T と M,
N と M について2つずつ合計6つの質問を行った。

その結果、前提条件にかかわらず無差別となる点に変
化しなかった人は、T と N に関しては20人中19人、
T と M では14人、N と M では12人となった。
このことより、選好の独立性は通勤時間と乗り換え回数
においても最も高く、続いて通勤時間と通勤費、乗り換
え回数と通勤費の順となることが判明した。また、全体
を通じて、前提条件の変化により選択する点が別の軸上
に移るのは、N と M の選好の独立性の質問において
1名存在しただけであり、無差別点に変化した人のほと
んどは同一軸上での変化にとどまっており、いずれの組
合せともほぼ選好の独立性は検証されたものと思われ
る。

b) 効用の独立性

Keeney の検証方法に従い、T, N, M の効用の独立
性に関する質問項目を作成した。図-2 に前提条件とし
て N, M がともに最悪の水準にある場合の T の効用

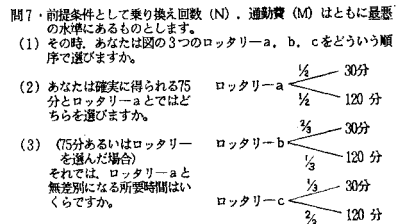


図-2 効用の独立性に関する質問

問13・あなたは選択案aと選択案bの間で無差別ですか。つまり、1箇月のうち半月を「状況Ⅰ」で、残りの半月を「状況Ⅱ」の状態でするのと、1箇月のうち半月を「状況Ⅲ」で、残りの半月を「状況Ⅳ」の状態でするとあなたにとって満足感に同じ位ですか。

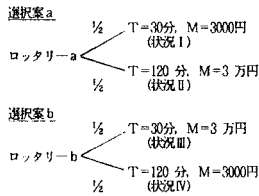


図-3 関数型識別のための質問

独立を調べる質問を示した。さらに、 N 、 M がともに最良の水準にある場合の質問を同様に設定し、 N 、 M についても同様に2つつ質問を設けた。

調査の結果、前提条件の違いにかかわらず無差別点が移動せず効用の独立性が確かめられた人は、20人中 T については12人、 N については16人、 M については13人であり、乗り換え回数の効用の独立性が最も高く、8割の人について独立性が確かめられた。続いて費用、通勤時間となり、約6割の人について独立性が確かめられた。このように、通勤時間と費用については効用の独立性にやや問題があるものの、各属性ともある程度、効用の独立性は検証されたものと思われる。

e) 加 法 性

Keeney の定理によると、多属性効用関数が加法的であるか乗法的であるためには、各属性ペアの選好独立と各属性の効用独立が前もって検証されていることが必要である。そこで、本調査結果をもとに、各属性ペアの選好独立と各属性の効用独立がすべて検証された被験者を調べると、20人中わずか6名にすぎなかった。この6名について、図-3に示す調査票を作成し質問したところ、ロタリーが無差別であるとした人は3名となり、加法性が確認された。残りの3名はa、bいずれかのロタリーを選び、乗法的効用関数を有することが示された。しかし、この6名以外の14名については、Keeney が示すところの加法的あるいは乗法的効用関数のいずれの式形式とも妥当でないことが判明した。

(3) ま と め

通勤時間、乗り換え回数、費用の3つの属性によって構成された効用関数は、ここでの分析を通じ、選好の独立性と効用の独立性に関しては、6割から9割の人について独立性が確認されたが、その式形式においては、加法的あるいは乗法的関数として設定されることには問題があることが判明した。よって、通勤時間をモード別に分割した式(6)の効用関数においても加法性を有するとの仮定は理論的には妥当ではないといえよう。しかし、現時点ではここで設定したような課題に対して、理論的

に妥当な効用関数を提示できる段階ではないと考えられるので、ここではモデルの操作性を考え、式(6)に示す効用関数を使用することにする。そして、この効用関数の妥当性は、これが導入された選択モデルの適用時の有効性から間接的に、また、経験的に確かめられるものとする。

4. 交通モード別等価時間係数

一般化時間モデルの係数である交通モード別等価時間係数が交通手段選択モデルに導入され、そのモデルが必要推計手法として有用性を発揮するためには、それぞれの需要推計対象に応じて、この係数が安定しているか、あるいは変動していても、その特性が定量的に把握され、数学式として表現されている必要がある。そのためには、まず、等価時間係数の変動特性を把握する必要がある。このとき、変動要因としては、交通目的、個人属性、交通サービス属性がおもなものとしてあげられよう。そこでここでは、交通目的としては通勤交通と業務交通を取り上げ、個人属性による係数の変動特性を探ることとした。また、交通サービス属性については、3.で効用の独立性に関して、ある程度分析しているのので、ここではモード別の所要時間の違いによる係数の変動をみるにとどめた。

(1) 通勤交通の場合

a) 対象とする交通モード

式(5)に示した一般化時間モデルの等価時間係数を、通勤交通において一般的にみられる次のモードにつき、求めることにした。

代表交通手段としては、鉄道と車を取り上げ、鉄道の場合は着席乗車と立席乗車、車は自分で運転する場合、また、アクセス手段の場合は、バス着席乗車と立席乗車、自転車、徒歩を対象とし、鉄道間の乗り換えの場合も含めて、これらのモードについて等価時間係数を求めることにした。このとき、基準とする交通モードは鉄道着席乗車時とし、等価時間係数を1とした。なお、ここでは費用 M の等価時間係数(時間価値の逆数)を求めていないが、これは一般に通勤交通においては、交通費が勤務先から支給されるため、選択要因としてはあまり重要でないと考えたためである。

b) 等価時間係数の求め方

いま、A、B という2つの交通手段の選択現象を考える。このとき、Aを選択した場合の効用の確定項を U_A 、Bを選択した場合のそれを U_B とすると、これらの効用は式(5)、(7)より次式のようになる。

$$U_A = b_1(t_{1A} + \mu_2 t_{2A} + \dots + \mu_i t_{iA})$$

$$+ \mu_e N_A + \mu_m M_A + b_{0A} \dots \dots \dots (9)$$

$$U_B = b_1(t_{1B} + \mu_2 t_{2B} + \dots + \mu_i t_{iB})$$

$$+ \mu_e N_B + \mu_m M_B + b_{0B} \dots \dots \dots (10)$$

これらの式は、各属性における効用の独立性を前提にして成立しているため、個々の等価時間係数は他の属性によって影響されないことになる。つまり、ある交通モードに着目すると、そのモードの等価時間係数は他の属性の値がどんなに変化しようと一定であることを意味している。いま、仮に μ_2 を求めたいときには、 t_1, t_2 以外の属性の値および定数項 b_0 を A, B ともに同一とおけばよい。この同一部分を α, β, b_0 を使って示すと、

$$U_A = b_1(t_{1A} + \mu_2 t_{2A} + \alpha) + \beta + b_0 \dots \dots \dots (11)$$

$$U_B = b_1(t_{1B} + \mu_2 t_{2B} + \alpha) + \beta + b_0 \dots \dots \dots (12)$$

となり、 $U_A - U_B = 0$ とおくと、次のように μ_2 が求まる。

$$\mu_2 = (t_{1B} - t_{1A}) / (t_{2A} - t_{2B}) \dots \dots \dots (13)$$

しかしながら、効用という概念が明確に認識されていないため、直接、効用比較によって等価時間係数を求めることは困難と考えられる。そこで、選択概念を使って求めることにした。つまり、 $U_A = U_B$ のとき、A の選択確率は式 (8) より $P_A = 0.5$ となるので、このときの t_1, t_2 を A, B について求めればよいことになる。しかし実際には、個々人の選択確率を求めることは困難であるので、各人の選択結果を集計化したデータを用い、その選択率が 0.5 となるときの t_1, t_2 の値を求めることにした。

たとえば、鉄道立席の等価時間係数 (W_{rs}) を求める場合は次のようにした。表-3 に示すような質問を設定し回答を求めたが、このとき、「電車で立ったまま 20 分行く場合」の W_{rs} は、図-4 (a) に示すように、「電車で座って x 分で行く場合」の x を 22, 25, 30, 35 分と変化した場合につき、それぞれの立席を望ましいとする選択率を求め、この選択率が 50% となる点の x を求めた。このとき、図上の点と点の間は直線で結ぶものとした。図-4 (a) に示すように 50% タイル値の x は 28.7 分となり、 W_{rs} は 1.44 (=28.7/20) となった。他の時間に関するモードの等価時間係数も同様にして求めた。各ケースの 50% タイル値の求め方を図-4 に示している。なお、ここで設定したような仮想的な質問にお

表-3 等価時間係数を求める調査票

(例)

| | |
|-------------------------|---------------------|
| 1 A = 電車で立ったまま 20 分行く場合 | B = 電車で座って 22 分行く場合 |
| 2 A = 電車で立ったまま 20 分行く場合 | B = 電車で座って 25 分行く場合 |
| 3 A = 電車で立ったまま 20 分行く場合 | B = 電車で座って 30 分行く場合 |
| 4 A = 電車で立ったまま 20 分行く場合 | B = 電車で座って 35 分行く場合 |

例16 交通機関を利用して出勤する場合、次の1から32までの各質問においてとりあげられているAとBの二つの交通手段の利用のうち、あなたはどちらがより好ましいと判断され、利用したいと思われますか。それぞれの質問のAとBのうち、利用したいと思われる方に○印をつけて下さい。なお、いずれの質問とも料金は同じとします。

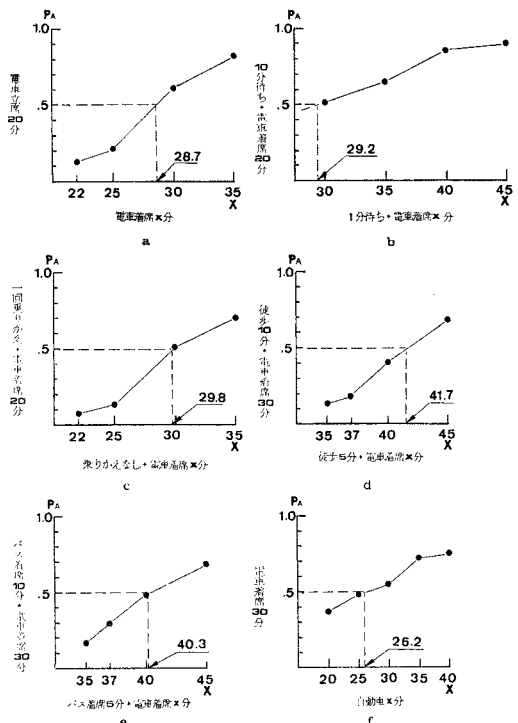


図-4 交通モード別選択率の分布 (通勤交通)

いては、2つの選択肢のそれぞれの効用の定数項 b_0 は同一とみなしてもよいと思われる。

調査は表-3 に示したような交通モード別等価時間係数を求める項目に加えて、表-4 に示す項目をもつ調査票を作成し、大阪府庁、吹田市役所、阪神高速道路公団の職員を対象に、1981年12月に調査を行い、563の有効回収数を得た。

c) 結果

交通モード別等価時間係数を表-5 に示した。鉄道立席の等価時間係数は、全体を対象にした場合、立席 20 分の場合では 1.44、40 分の場合でもほぼ等しく、1.37 の値を示した。また、グループ別にみても、変動は少なく、ほぼ、1.4 で安定しているといえよう。

バス着席の等価時間係数は、全体では 2.05 を示した。グループ別では、吹田市、女性、年令 40 才以上、年間収入が 600 万円以上で、比較的高

表-4 調査項目

| 調査項目 | |
|--------|----------------|
| 個人属性 | 性別 |
| | 年令 |
| | 自宅および勤務先住所 |
| | 運転免許の有無 |
| | 運転歴 |
| | 車の保有台数 |
| 通勤交通状態 | 世帯人数 |
| | 世帯の通勤人数 |
| | 年間収入 |
| | 自宅出発時刻 |
| 等価時間係数 | 勤務先到着時刻 |
| | 通勤交通手段・経路 |
| | 交通手段別所要時間 |
| | 電車での混雑状態 |
| | バスでの混雑状態 |
| | 電車立席 |
| | 電車待ち |
| 乗り換え | |
| 時間価値 | 徒歩 |
| | 自転車 |
| | バス着席、立席 |
| | 電車利用の通勤交通 |
| | 電車利用の買物・レジャー交通 |

表一5 通勤交通における等価時間係数

| | | 電車(立席) | | バス | | 自動車 | | 自転車 | 徒歩 | 待ち | 乗り換え (1回) |
|--------------|----------|--------|------|------|------|-------------|-------------|------|------|------|--------------|
| | | 20分 | 40分 | (着席) | (立席) | VS 鉄道30分 | VS 鉄道60分 | | | | |
| 調査対象 | 大阪府庁 | 1.43 | 1.36 | 1.99 | 2.75 | 1.25 | 1.23 | 2.37 | 2.31 | 0.95 | 9.63 |
| | 阪神高速道路公団 | 1.44 | 1.36 | 1.94 | 2.75 | 0.98 | 1.11 | 2.24 | 2.37 | 0.99 | 9.77 |
| | 吹田市役所 | 1.44 | 1.41 | 2.35 | 2.93 | 1.11 | 1.20 | 2.53 | 2.38 | 1.00 | 10.25 |
| 性別 | 男性 | 1.43 | 1.37 | 2.01 | 2.77 | 1.12 | 1.20 | 2.39 | 2.33 | 1.00 | 9.85 |
| | 女性 | 1.45 | 1.40 | 2.33 | 2.94 | — | — | 2.21 | 2.43 | 1.11 | 9.55 |
| 年齢 (歳) | 1~24 | 1.38 | 1.28 | 2.08 | 2.87 | — | — | 1.73 | 2.04 | 0.83 | 8.45 |
| | 25~29 | 1.45 | 1.38 | 1.94 | 2.79 | 1.03 | 1.18 | 1.86 | 2.39 | 0.89 | 9.11 |
| | 30~34 | 1.43 | 1.36 | 1.99 | 2.70 | 1.02 | 1.21 | 2.48 | 2.35 | 0.92 | 10.19 |
| | 35~39 | 1.45 | 1.38 | 1.95 | 2.67 | 1.22 | 1.21 | 2.54 | 2.42 | 0.95 | 10.63 |
| | 40~45 | 1.42 | 1.40 | 2.44 | 3.06 | 1.21 | 1.22 | 3.20 | 2.36 | 1.21 | 9.80 |
| | 45~ | 1.45 | 1.36 | 2.21 | 3.00 | 1.22 | 1.22 | 2.50 | 2.25 | 1.67 | 10.86 |
| 運転免許 | 有 | 1.43 | 1.36 | 2.02 | 2.79 | 1.15 | 1.20 | 2.34 | 2.32 | 0.94 | 9.63 |
| | 無 | 1.44 | 1.40 | 2.13 | 2.83 | — | — | 2.46 | 2.41 | 1.17 | 10.14 |
| 自家用車 | 有 | 1.43 | 1.36 | 2.10 | 2.79 | 1.07 | 1.20 | 2.28 | 2.35 | 0.83 | 9.77 |
| | 無 | 1.45 | 1.39 | 1.98 | 2.79 | 1.24 | 1.20 | 2.44 | 2.32 | 1.20 | 9.88 |
| 年間収入 (万円) | 200未満 | 1.41 | 1.33 | 1.85 | 2.73 | — | — | 1.83 | 2.29 | 0.67 | 8.52 |
| | 200台 | 1.43 | 1.32 | 2.00 | 2.65 | 1.21 | 1.21 | 1.90 | 2.17 | 1.00 | 9.42 |
| | 300台 | 1.46 | 1.38 | 1.97 | 2.91 | 1.16 | 1.21 | 2.39 | 2.35 | 1.57 | 10.59 |
| | 400台 | 1.44 | 1.39 | 2.04 | 2.57 | 1.08 | 1.18 | 2.45 | 2.33 | 0.92 | 10.10 |
| | 500台 | 1.42 | 1.35 | 1.95 | 2.76 | 0.97 | 1.00 | 2.70 | 2.39 | 1.01 | 9.47 |
| | 600以上 | 1.41 | 1.39 | 2.80 | 3.04 | 1.27 | 1.26 | 3.00 | 2.78 | 1.19 | 10.42 |
| 全体 | 1.44 | 1.37 | 2.05 | 2.79 | 1.15 | 1.21 | 2.37 | 2.35 | 1.02 | 9.80 | |

い値を示した。バス立席の等価時間係数は、全体では2.79となり、バス着席の場合に比べて、0.74高くなった。グループ別では、バス着席の場合ほど大きな変動はないものの似かよった傾向を示した。

自転車の等価時間係数は、全体で2.37となったが、グループ別では、年齢が若いほど小さく、収入が多いほど高くなる傾向を示した。徒歩の場合は、全体では2.35となった。グループ別の変動は小さく、ほぼ安定しているが、24才以下でやや小さく、年間収入600万円以上で高くなった。

待ち時間については、全体では1.02と鉄道着席の場合とほぼ等しい結果を示した。グループ別では、年齢の若い層ほど小さくなる傾向にあった。全データによる乗り換え1回の等価時間係数は、9.80となり、乗り換え1回が鉄道着席の約10分に相当することが判明した。また、24才以下および所得が200万未満でやや小さくなった。自動車を自分で運転して行く場合の等価時間係数は、鉄道30分に対する場合、1.15、60分に対する場合、1.21となり、ほぼ1.2を示した。

このように、等価時間係数は交通モードにより異なる値を示すことが明らかになった。特に、電車、バスの場合、着席状態と立席状態では明らかな差異を示した。一方、電車と自動車については所要時間を2ケース設定して比較したが、明確な差異はみられなかった。個人属性による変動状況は、自転車と待ち時間、乗り換え回数において、年齢が上がるにつれて係数が高くなる傾向がみ

られた。また、バスの場合も40才以上で高くなったが、それ以外では特徴的な傾向はみられなかった。以上のことより、交通手段選択モデルとして実用化を図る場合、モード別に等価時間係数を設定することの妥当性は示されたと思われるが、さらに、特に年齢により係数に違いがみられたモードについては、年齢によりセグメント化し、年齢別モデルを開発することも考えられる。

(2) 業務交通の場合

a) 調査の概要

業務交通における交通モード別等価時間係数を、通勤交通の場合と同様にして求めるため、表一6に示すような調査票を作成した。このとき、対象とした交通モードは、鉄道立席、徒歩、待ち、乗り換えの4つである。他の交通モードについては、大阪都心の業務交通においてあまり重要でないと思われるため省略している。また、費用についても、通勤交通の場合と同様の理由により省略した。

表一6 業務交通の等価時間係数を求める調査票

F あなたが仕事で公共交通機関(電車、バスなど)に乗って目的地まで行くとしたとき、下の1から28までの各質問における二つの状況のうち、どちらがより好ましいと感じるようになりますか。それぞれのAとBのうち、好ましいと思われる方に○印をつけて下さい。

| | | |
|---|-------------------|-------------------|
| 1 | A 立ったまま10分乗って行く場合 | B 12分かかるが、座っている場合 |
| 2 | A 同上 | B 15分かかるが、座っている場合 |
| 3 | A 同上 | B 20分かかるが、座っている場合 |
| 4 | A 同上 | B 25分かかるが、座っている場合 |

ほかにも、表-7 に示す項目を含めて調査票を作成し、業務交通が多量に発生する大阪市内都心四区（北、東、南、西区）に事業所を有する大企業約 30 社を抽出し、1 社当たり原則として 30 名、合計約 1000 名にアンケート用紙を配布した。事業所は、1970 年に行われたパーソントリップ調査で用いられた 4 桁ゾーン単位に、従業者数の多いところから、従業者数にほぼ比例するように抽出した。

また、事業所が特定地点に集中するのを避けるために、鉄道駅からの距離に応じて抽出した。調査票の回収状況を表-8 に示した。なお、調査は 1980 年 11 月から 12 月にかけて行った。

b) 等価時間係数

通勤交通の場合と同様にして、等価時間係数を求めた。結果を、図-5、表-9 に示した。図-5 は、全体のデータに対する選択率をプロットし、50% タイル値の求め方を示したものであり、表-9 は、このようにして求めたグループ別の等価時間係数を示したものである。

鉄道立席の等価時間係数は、全体を対象にした場合、

表-8 調査票の配布・回収状況

| | 北 区 | 東 区 | 南 区 | 西 区 | その他 | 合 計 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 配布事業所数 (カ所) | 12 | 12 | 4 | 4 | 2 | 34 |
| 有効回収数 (人) | 249 | 300 | 104 | 110 | 60 | 823 |

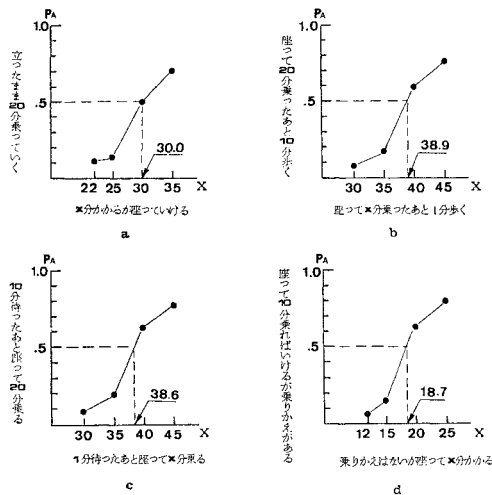


図-5 交通モード別選択率の分布（業務交通）

表-7 調査項目
(業務交通)

| | 調 査 項 目 |
|-------|------------------|
| 個人属性 | 性別 |
| | 年齢 |
| | 業務内容 |
| | 運転免許証の有無 |
| | 通勤定期の有無 |
| | 業務におけるおこな交通手段と頻度 |
| 負担意識 | 業務目的地 |
| | 最寄り駅からの徒歩 |
| | バス停からの徒歩 |
| | 直行タイプの徒歩 |
| | 待ち時間 |
| | 乗り換え回数 |
| 等時間係数 | 乗り換え時間 |
| | 公共交通の混雑 |
| | 電車・バス立席 |
| | 徒歩 |
| | 待ち時間 |
| | 乗り換え |

立席 10 分の場合では、1.58、立席 20 分の場合では、1.50 とほぼ等しい値となった。グループ別では、1.47 から 1.73 まで変動しているが、顕著な変動特性はみられなかった。

徒歩で、全体を対象とした場合、「座って 10 分乗ったあと 10 分歩く場合」は 2.06、「座って 20 分乗ったあと 10 分歩く場合」は 2.10 と、ほぼ等しい値を示した。グループ別では、業務におもにバスを用いるグループが 2.3~2.5 と比較的高い値を示したものの、他のグループは比較的安定した値を示した。

待ち時間の等価時間係数は、全体の場合、「10 分待ったあと、座って 10 分乗る場合」は、2.05、「10 分待ったあと、座って 20 分乗る場合」は、2.06 ときわめて類似した値を示した。グループ別では、業務に自動車を利用するグループがやや高い値を示したものの、他のグループはほぼ似かよった値を示した。

乗り換え 1 回の場合は、全体で 8.66 となったが、グループ間では、8.13 から 10.00 の間を変動した。特に、年齢が高くなるにつれて、若干、大きくなる傾向がみられた。また、バス、乗用車・貨物車利用者は高い値を示した。

ここでも等価時間係数は交通モードにより異なる値を

表-9 業務交通における等価時間係数

| | 性別 | 立席電車 | | 徒 歩 | | 待 ち | | 乗り換え 1 回 |
|--------|----------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| | | 10 分 | 20 分 | A | B | C | D | |
| 性 | 男 | 1.56 | 1.50 | 2.07 | 2.14 | 2.06 | 2.08 | 8.69 |
| | 女 | 1.66 | 1.49 | 2.00 | 1.95 | 1.99 | 1.97 | 8.48 |
| 年 令 | 29 才以下 | 1.61 | 1.48 | 2.01 | 2.01 | 1.97 | 1.96 | 8.38 |
| | 30 才代 | 1.57 | 1.55 | 2.07 | 2.15 | 2.06 | 2.07 | 8.73 |
| | 40 才代 | 1.50 | 1.47 | 2.08 | 2.16 | 2.12 | 2.17 | 8.78 |
| | 50 才以上 | 1.66 | 1.52 | 2.16 | 2.18 | 2.12 | 2.10 | 9.12 |
| 業務内容 | 管理職 | 1.44 | 1.50 | 2.07 | 2.16 | 2.10 | 2.16 | 8.15 |
| | 事務 | 1.62 | 1.52 | 2.04 | 2.07 | 2.02 | 2.02 | 8.63 |
| | 販売 | 1.55 | 1.47 | 2.06 | 2.16 | 2.07 | 2.11 | 8.99 |
| | 他 | 1.61 | 1.48 | 2.18 | 2.13 | 2.09 | 2.00 | 10.00 |
| 免許 | 有 | 1.57 | 1.53 | 2.07 | 2.13 | 2.07 | 2.08 | 8.72 |
| | 無 | 1.59 | 1.48 | 2.03 | 2.06 | 2.01 | 2.03 | 8.56 |
| 定期 | 有 | 1.57 | 1.50 | 2.04 | 2.09 | 2.04 | 2.05 | 8.65 |
| | 無 | 1.59 | 1.51 | 2.19 | 2.21 | 2.11 | 2.15 | 8.50 |
| 業務交通手段 | 地下鉄 | 1.58 | 1.50 | 2.04 | 2.09 | 2.03 | 2.05 | 8.46 |
| | 他の鉄道 | 1.60 | 1.51 | 2.08 | 2.13 | 2.06 | 2.05 | 8.75 |
| | バス | 1.73 | 1.58 | 2.33 | 2.46 | 2.14 | 2.12 | 9.64 |
| | タクシー | 1.54 | 1.48 | 2.03 | 2.13 | 2.08 | 2.11 | 8.13 |
| | 自動車 | — | 1.47 | 2.19 | 2.64 | 2.22 | 2.15 | 10.00 |
| 徒歩・2 輪 | 1.67 | 1.48 | 2.05 | 2.07 | 2.08 | 2.10 | 8.66 | |
| 回数 | 1 回/日未満 | 1.51 | 1.47 | 2.02 | 2.08 | 1.98 | 2.00 | 8.17 |
| | 1, 2 回/日 | 1.60 | 1.54 | 2.08 | 2.10 | 2.06 | 2.08 | 8.82 |
| | 2 回/日以上 | 1.64 | 1.48 | 2.07 | 2.14 | 2.14 | 2.13 | 8.94 |
| 全 体 | | 1.58 | 1.50 | 2.06 | 2.10 | 2.05 | 2.06 | 8.66 |

注) A=座って 10 分乗ったあと、10 分歩く場合
 B=座って 20 分乗ったあと、10 分歩く場合
 C=10 分待ったあと、座って 10 分乗る場合
 D=10 分待ったあと、座って 20 分乗る場合

示すことが確認された。電車立席の場合は、通勤交通のときに比較してやや高い値を示したが、徒歩では逆に低くなった。待ちは徒歩の場合とほぼ等しい値を示したが、通勤交通の場合の約2倍となり、大きな差異を示した。乗り換え1回は通勤の場合より、やや低くなった。また、所要時間の違いによる係数の変化は、各モードとも顕著ではなかった。個人属性による変動では、乗り換え1回において、年齢が上がるにつれて高くなる傾向が通勤交通の場合と同様にみられた。

5. 交通手段選択モデル

(1) モデルの係数決定の方法

式(8)で示したロジット型の選択モデルの係数 a, b を、通勤交通と業務交通を対象に、等価時間係数を求めた調査データにより、次の手順で求めることにする。なお、表-3に示した鉄道立席の等価時間係数を求める質問を例に説明する。

i) 選択モデルの単純回帰型への変形

式(8)の P_A は次式で示された。

$$P_A = 1 / [1 + \exp(adG_t + b)] \dots\dots\dots (14)$$

さらに式(9)は次のように誘導される。

$$\ln(1/P_A - 1) = adG_t + b \dots\dots\dots (15)$$

ここで、 $Y = \ln(1/P_A - 1)$ 、 $X = dG_t$ とおくと、

$$Y = aX + b \dots\dots\dots (16)$$

表-10 通勤交通における手段選択モデル

| 交通モード | | モデルの パラメーター | | F 値 | サン プル 数 | |
|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------|----------|---------------|---|
| A | B | a | b | | | |
| 電車立席 20分 | 電車着席 x 分 | -0.27** (10.97) | 0.35 (2.87) | 120.26** | 4 | |
| 電車立席 40分 | 同上 | -0.27* (6.78) | -0.33 (0.88) | 51.60* | | |
| 10分待ち+電車着席 20分 | 1分待ち+電車着席 x 分 | -0.15* (6.83) | 0.10 (0.45) | 46.64* | | |
| 1回乗り換え+電車着席 20分 | 乗り換えなし電車着席 x 分 | -0.27* (6.09) | 0.36 (2.18) | 73.79* | | |
| 徒歩 10分+電車着席 30分 | 徒歩 5分+電車着席 x 分 | -0.27** (13.49) | -0.00 (0.00) | 179.88** | | |
| バス着席 10分+電車着席 30分 | バス着席 5分+電車着席 x 分 | -0.23* (8.63) | 0.12 (1.14) | 74.49* | | |
| バス立席 10分+電車着席 30分 | バス立席 5分+電車着席 x 分 | -0.27** (20.44) | -0.01 (0.13) | 433.21** | | |
| 自転車 10分+電車着席 30分 | 自転車 5分+電車着席 x 分 | -0.23** (13.83) | 0.04 (0.52) | 194.62** | | |
| 電車着席 30分 | 車 x 分 | -0.07** (8.05) | 0.08 (0.89) | 63.46** | | 5 |
| 電車着席 60分 | 車 x 分 | -0.10** (7.87) | 0.33 (2.14) | 62.53** | | 6 |

注) ① () 内は t 値
 ② *:5% 有意 ** :1% 有意
 ③ 選択率モデル $P_A = 1 / [1 + \exp(adG_t + b)]$

となり、単純回帰分析により、 a, b を求めることができる。

ii) Y の求め方

表-3に示した「電車で立つ場合」と「座れる場合」の質問において、着席時間 22, 25, 30, 35 分それぞれの場合につき、Aの選択率 P_A が求まる。これより、Y を求める。他のケースについても、同様にして求める。

iii) X の求め方

X は、 $dG_t = G_{tB} - G_{tA}$ で表わされた。そして、 G_{tA} は、回答項目 A の場合の一般化時間であり、4. で求めた全体の等価時間係数(表-5, 9)を使い、式(5)により計算する。 G_{tB} も同様である。たとえば、表-3に示したケースでは、

$$G_{tA} = W_{rs}t_{sA} = 1.4 \times 20 = 28 \text{ 分}$$

「電車に座って 22 分行く場合」の G_{tB} は、次のようになる。

$$G_{tB} = W_{r0}t_{0B} = 1.0 \times 22 = 22 \text{ 分}$$

よって、 $X = dG_t = G_{tB} - G_{tA} = 22 - 28 = -6$ となる。着席 25, 30, 35 分の場合も同様にして計算できる。

(2) 選択モデルの係数

前節に示した方法により、選択モデルの係数を求めたところ、次の結果が得られた。

a) 通勤交通の場合

通勤交通における選択モデルの係数 a, b を表-10に示した。「電車立席」対「電車着席」の場合は、立席 20 分、40 分の場合とも、 $a = -0.27$ となり、これと同じ a 値を示すものに、「電車乗り換え1回」対「電車乗り換えなし」、「徒歩 10 分+電車」対「徒歩 5 分+電車」、「バス立席 10 分+電車」対「バス立席 5 分+電車」のケースがあった。「バス着席+電車」の選択においては、 -0.23 となり、「自転車+電車」の場合も同じ値であった。このように、アクセス手段、乗り換えの有無にかかわらず、電車を利用する場合同士の選択においては、おおむね a は -0.25 となった。しかし、待ち時間を含む場合は、 -0.15 と少し大きな値を示した。「電車着席」対「自動車」の場合は、電車同士の選択現象とは異なり、 $-0.10 \sim -0.07$ と大きな値を示した。このことは、電車対自動車の場合は、一般化時間差の変動が、電車同士の選択ケースほど、強く選択率に影響を及ぼさないことを示している。なお、 $a=0$ という帰無仮説に対して検定を行ったところ、すべてのケースとも 5% 有意となり、帰無仮説は棄却された。

b は、一般化時間差が 0 のとき、選択率が 0.5 をとる場合、0 を示すのであるが、表-10に示すように、おおむね 0 の近辺をとるものの、 $|b|$ が 0.3 をこえるものもみられた。しかしながら、 t 検定の結果、 $b=0$ の仮

表-11 業務交通における手段選択モデル

| 交通モード | | モデルの パラメーター | | F 値 | サン プル 数 |
|-------------------------|-----------------------|------------------|----------------|--------|------------|
| A | B | a | b | | |
| 電車立席 10 分 | 電車着席 x 分 | -0.20* (4.84) | 0.07 (0.29) | 23.04* | 4 |
| 電車立席 20 分 | 同 上 | -0.25* (7.43) | 0.25 (1.39) | 55.61* | |
| 電車着席 10 分 + 徒歩 10 分 | 電車着席 x 分 + 徒歩 1 分 | -0.22* (6.33) | 0.11 (0.55) | 40.09* | |
| 電車着席 20 分 + 徒歩 10 分 | 同 上 | -0.25* (7.36) | 0.26 (1.33) | 54.29* | |
| 10 分 待 ち + 電車着席 10 分 | 1 分 待 ち + 電車着席 x 分 | -0.25* (6.39) | 0.15 (0.67) | 40.90* | |
| 10 分 待 ち + 電車着席 20 分 | 同 上 | -0.26* (7.72) | 0.16 (0.83) | 59.98* | |
| 電車着席 10 分 + 1 回乗り換え | 乗り換えなし 電車着席 x 分 | -0.33* (7.22) | 0.43 (1.88) | 52.04* | |

注) ① () 内は t 値
 ② *:5% 有意 ** :1% 有意
 ③ 選択率モデル $P_A = 1 / [1 + \exp(a \Delta G_t + b)]$

説は 5% の危険率ではすべてのケースとも棄却されず、おおむね 0 とみなしてよいものと思われる。モデルの推定性に関する F 検定では、すべてのケースとも 5% 有意となり、モデルの再現性はある程度確かめられた。

b) 業務交通の場合

表-11 に示すように、a はおおむね -0.25 と通勤交通の場合と似かよった値を示した。しかし、電車立席 10 分、電車着席 10 分+徒歩 10 分の場合は、それぞれ、-0.20、-0.22 とやや大きな値を示した。乗り換えの有無の場合は -0.33 と、やや小さな値となった。b は 0.07 から 0.43 の間を変動した。また、t 検定、F 検定とも通勤交通の場合とほぼ同様な結果を示した。

6. 結 論

以上、本研究では、いくつかの交通手段とか、交通状況の組合せにおいてなされる交通モードの選択現象のうち、二項選択型現象に着目し、そのモデル化を行った。このとき、効用と選択率の関係は、従来のロジットモデルで示したが、効用は従来とは異なり、一般化時間により説明することを試み、定式化を行った。そして、個々のパラメーターを選択意識調査データにより決定し、次のおもな結論を得た。

(1) 一般化時間の係数である交通モード別等価時間係数を、通勤および業務交通を対象に求めたところ、おおむね表-12 に示す結果を得た。「立席乗車」の場合、両交通とも、あまり差はみられないが、「徒歩」では、通勤において、やや高くなった。「待ち」では、業務で通勤の 2 倍と高い値を示した。「乗り換え」では通勤がやや高い値を示した。

(2) 選択モデルの係数 a (表-10, 11) は、アクセ

表-12 交通モード別等価時間係数

| | 業務 | | 通勤 | |
|------|-----|-----|------|-----|
| | 業務 | 通勤 | 業務 | 通勤 |
| 電車立席 | 1.4 | 1.5 | バス立席 | 2.8 |
| 徒歩 | 2.4 | 2.1 | 待ち | 1.0 |
| 自転車 | 2.4 | — | 乗り換え | 9.8 |
| バス着席 | 2.1 | — | 自動車 | 1.2 |

ス手段を含めた電車を利用する場合の選択現象においては、おおむね -0.25 付近の値を示したが、待ち、乗り換えを含めた場合、通勤と業務において、やや異なる値を示した。通勤交通における電車対車の選択では、約 -0.1 を示し、電車対電車の場合に比べて、一般化時間差の選択率に及ぼす影響が小さいことが判明した。

なお、手段選択モデルの係数決定は今回、意識データを用い、想定された単純なモード選択ケースを対象に行ったが、今後はこのモデルをいくつかのモードが組み合わさった現実の手段選択現象に適用し、一般化時間を求め、係数決定を行い、モデルの有効性を検討することが必要であると思われる。

終わりに本研究を進めるにあたり、データの収集・解析に尽力してくれた大阪大学土木工学科大学院学生 大西宣二君 (現・日本道路公団)、同学部学生 中井恭一郎君 (現・神戸市) ならびに調査にご協力いただいた大阪府、吹田市、阪神高速道路公団の関係者各位に感謝の意を表する次第です。

参 考 文 献

- 1) Quarmby, D.A. : Choice of travel mode for the journey to work, Journal of Transport Economics and Policy, September 1967.
- 2) Stopher, P.R. : Predicting travel mode choice for the work journey, Traffic Engineering and Control, Vol. 9, 1968.
- 3) Stopher, P.R. : A probability model of travel mode choice for the work journey, Highway Research Record 283, 1969.
- 4) Manheim, M.L. : Fundamentals of transportation systems analysis volume 1 : Basic concepts, MIT Press, Massachusetts/London, 1979.
- 5) 杉恵頼率 : 非集計型ロジットモデルによる短期交通政策の評価, 第 15 回都市計画学会学術研究発表会論文集, 1980.
- 6) 原田 昇 : 鉄道駅・アクセス手段選択行動の分析, 第 16 回都市計画学会学術研究発表会論文集, 1981.
- 7) 杉恵頼率 : 非集計多項ロジットモデルによる短期交通政策の評価, 交通工学, Vol. 16, No. 6, 1981.
- 8) 原田 昇・太田勝敏 : 非集計ロジットモデルの適用性に関する研究, 交通工学, Vol. 17, No. 2, 1982.
- 9) McIntosh, P.T. and D.A. Quarmby : Generalised costs, and the estimation of movement costs and benefits in transport planning, MAU note 179, Department of Environment, December 1970.
- 10) Goodwin, P.B. : Human effort and the value of travel time, Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 10, No. 1, 1976.
- 11) Wilson, A.G., A.F. Hawkins, C.J. Hill and D.J. Wagon : Calibration and testing of the SELNEC

- transport model, *Regional Studies*, 1969.
- 12) Costinett, P.J. : Modal split; theory and practice, *Proceedings of Annual Symposium, Promoting Public Transport*, University of Newcastle-upon-Tyne, April 1973.
 - 13) Rogers, K.G., G.M. Townsend and A.E. Metcalf : Planning for the work journey, Report C 67, *Local Government Operations Research Unit*, April 1970.
 - 14) Steele, W.A. and K.G. Rogers : Predicting multi-modal choice, Report C 139, *Local Government Operations Research Unit*, December 1973.
 - 15) Davies, A.L. and K.G. Rogers : Modal choice and the value of time, Report C 143, *Local Government Operations Research Unit*, 1973.
 - 16) 谷 明良・宮武信春：通勤経路選好特性の計量化手法，土木学会論文報告集，No. 267, 1977.
 - 17) Harrison, A.J. and D.A. Quarmby : The value of time in transport planning, Sixth Round Table, ECMT, Paris, 1969.
 - 18) Goodwin, P.B. : Value of time, Round Table 30, ECMT, Paris, 1976.
 - 19) 太田勝敏：非集計モデルに関する研究—高速道路利用経路選択問題への適用例—，新谷・太田研究室，1979.
 - 20) Keeney, R.L. : Multiplicative utility functions, *Operations Research*, Vol. 22, No. 1, 1974.
 - 21) 河野博忠・永鮑揚四郎・吉田雅敏：多属性効用理論による公害(騒音)評価率の計測，日本交通政策研究会，1978.
(1982.9.6・受付)
-