

# 利用者の主観的評価を考慮した非集計交通手段選択モデル

## A DISAGGREGATE MODAL CHOICE MODEL USING USER'S SUBJECTIVE EVALUATIONS OF TRANSPORT SERVICES

河上省吾\*・広島康裕\*\*

By Shogo KAWAKAMI and Yasuhiro HIROBATA

This paper presents an original disaggregate modal choice model using user's subjective evaluations of transport services, based on the new behavioral hypothesis. This hypothesis is introduced to explain changes of modal choice behaviors accompanying changes in transport services more strictly, and it implies that modal choice behaviors are not perfectly reversible in transport services changes. In order to reflect this hypothesis in the modal choice model, user's subjective evaluations of transport services are estimated by each using mode. Those estimations are carried out by using different psychometric scaling models for different mode-user. From the empirical examinations, it was found that the new modal choice model is superior to the traditional type model not only in goodness of fit to the cross-sectional data but also in the prediction of the behavior after the changes of transport services.

### 1. はじめに

交通需要の分析・予測に関する研究は、従来より実際の交通計画に適用されてきたところのゾーンをベースとする集計型段階予測モデルに代わって、最近では交通行動の意志決定単位としての個人あるいは世帯をベースとする非集計行動モデルにその重点が移行しつつある。このような背景には、非集計モデルが、理論面において、従来の集計モデルに比べ交通主体の意志決定プロセスをより明示的にモデル化でき、集計モデルでは別々に扱われそれらの整合性を果たすのが困難であった交通需要の各段階を整合的に扱える可能性をもつことなどの利点を有しており、また実用面からは、少数のデータで多くの政策変数の影響を反映するようなモデルが作成できることなどの利点を有していることがあるといわれている<sup>1)</sup>。この非集計行動モデルに関しては、従来より種々の視点から理論的・実証的研究が重ねられ、その方法論はある程度確立されている。しかし、今後さらに検討を要する課題も数多く残されている。

本研究では、交通サービスの変化に伴う通勤通学の交

通手段選択の変化の短中期的な予測という問題に焦点を置き、それに適したモデル開発を行うことを最終目的として、非集計交通手段選択モデルに検討を加えるものである。さて、交通手段選択行動のモデル化の方法は、行動のデータとして、現実の状況における行動結果のデータを用いるものと仮想的な状況に対する選好意識を用いるものに分けられ、さらに前者は行動の説明要因となる交通サービスレベルとして客観的指標を用いるものと、それらに対する交通主体の主観的な評価指標を用いるものとに分けられる。このうち、従来より、最も適用例が多いのは現実の状況における行動結果を交通サービスレベルの客観的指標を用いてモデル化する方法である。この方法においては、人々の交通手段選択行動は交通サービスの変化に対して時間遅れがなく、かつ可逆的な反応であるということが暗黙のうちに仮定されている。すなわち、交通サービスの変化に伴う利用交通手段の転換といった現象が考慮されず、静的均衡分析的な観点からクロスセクションデータを用いてモデルの推定がなされている。したがって、このような方法に基づいて作成されたモデルは、たとえ推定に用いたデータに対する説明力はいくとも、そのまま交通サービスの変化する状況、特にマストラのサービスの大きな向上という、従来の交通サービス変化の一般的な傾向とは異なるような状況で

\* 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部土木工学科  
(〒464 名古屋市千種区不老町)

\*\* 正会員 工修 名古屋大学助手 工学部土木工学科(同上)

の交通手段選択の予測において適用性を有する保証はないと考えられる。こうしたことから、これまでに、モデルの時間的、空間的な移転可能性についての検討がいくつかなされているものの、モデルの交通サービス変化時の予測への適用性ということに関して必ずしも肯定的な結論は得られていないように思われる<sup>2)~8)</sup>。こうした中で、従来の静的モデルの仮定に対する批判的アプローチに基づくモデル化の方法がいくつか提案されている<sup>9)~12)</sup>。それらは、行動の時間的連続性を重視したもので、行動変化の予測のためには、習慣効果、手段転換抵抗、経験効果、反応のタイムラグなどの概念をモデル化に際して行動仮説として考慮することが必要であることを強調している。しかしながら、それらの実証的検討は、そのためのデータ収集が困難ということもあって必ずしも十分になされておらず、今後新たな行動仮説の提案も含め、交通サービス変化時へのモデルの適用性を高めるための研究が大いに進められるべきであると考えられる。

以上のことから、本研究では、通勤通学を対象とし、交通サービスの変化に伴う交通手段選択の変化の予測により適した非集計手段選択モデルを開発することを目的として、従来の通常のモデルの仮説とは異なる行動仮説を設定し、それに基づくモデルの定式化を行うとともに、交通サービスの変化前後における交通実態調査データを用いて、仮説の妥当性とそれに基づくモデルの有用性を検討するものである。なお、本研究での仮説は、交通サービスの変化した状況に対する利用者の主観的評価はサービス変化前の利用手段によって異なるというもので、主観的評価と行動が相互作用関係にあるという考え方<sup>13)</sup>を取り入れたものである。

なお、本研究で開発した交通手段選択モデルの考え方およびその実証的検討の一部はすでに発表済みである<sup>14)</sup>。本論文では、モデルの仮説および定式化について、より詳細な検討を加えるとともに、仮説の妥当性とモデルの適用性に関してのより詳細な実証的検討の結果を報告する。

## 2. 交通手段選択過程に関する本研究の考え方<sup>14)</sup>

本研究では、交通サービスの変化に伴う通勤通学における個人の手段選択過程は図-1に示されるようなプロセスによって表現できるものと考えられる。すなわち、まず、各通勤通学者は自分にとって利用可能な各交通手段のサービスレベルを知覚し、次にこれをもとに各交通手段のサービスを評価し、さらに各交通手段に対しそれを利用するという視点からの効用を感じ、それら各交通手段の中から自分にとって最大の効用が得られる手段を選択すると考える。このとき、個人的な特性が評価の仕方や効用の変動に影響を及ぼし、また、交通サービスの変化

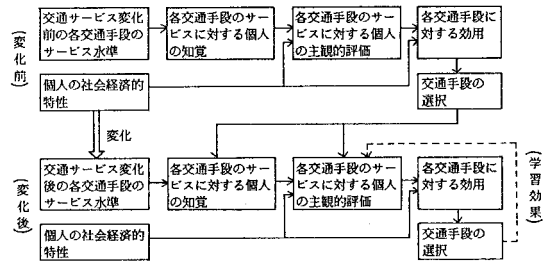


図-1 交通手段選択過程

前の選択行動の結果、すなわち以前の利用手段が交通サービスに対する知覚やその評価の仕方に影響すると考える。また、交通サービス変化後には時間の経過とともに評価が変化するという学習効果の存在も考えられる。

本研究での考え方が従来の交通手段選択モデル作成に関するアプローチと異なる点は、利用者の主観的評価を明示的に扱い、かつ以下のような仮説をおいていることである。この仮説は、通勤通学交通が日常的に繰り返される習慣性の大きな行動であること。また、交通手段の種類によってそのサービスの構成要素が異なるということを重視することにより設定したものである。

〈仮説〉 利用可能な各交通手段のサービスに対する個人の評価構造は利用交通手段によって差がある（たとえば、マストラのサービスに対する評価構造はマストラ利用者と車利用者とは異なる）。このため、交通サービスの変化が交通手段選択に与える影響はサービスの変化の方向によって異なり、交通手段選択行動は完全な可逆性を示さない。

本研究の仮説を仮想的な2手段A、Bを選択するケースを例にとって説明すると以下のとおりである。図-2は、従来型のアプローチの仮説に従う場合について、ある特定の個人についての交通手段間の相対的なサービス差 ( $S = S_A - S_B$ ) とそれに対応する効用差 ( $U = U_A - U_B$ ) の関係を示したものである。ここに  $S_0$  は手段利用の転換点の効用差  $U_0$  に対応する相対的サービス差であるとする。いま、ある時点での相対的サービス差が  $S_1$  のとき、手段Bを利用していただる個人は、サービス変化によって相対的サービス差が  $S_0$  を超える  $S_2$  に移ったとすると、利用手段をBからAに変えると予測される。逆に、再びその相対的サービス差が元の  $S_1$  に戻ると、利用手段も元のBになると予測される。すなわち、手段選択行動はサービス変化に対して可逆的である。

これに対し、本研究の仮説に従うと、利用手段によって評価構造に差があるので、ある時点でのある個人の相対的効用差は、図-3に示すように、その個人がどの手段を利用しているかによって異なることになる。このとき、手段利用の転換点  $U_0$  は利用手段によって差はない

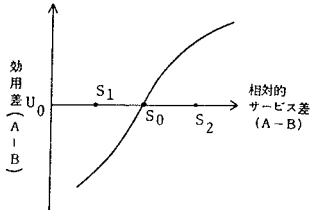


図-2 従来型アプローチにおける効用関数

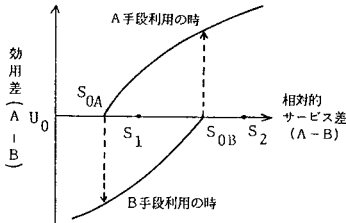


図-3 本研究の仮説に基づく効用関数

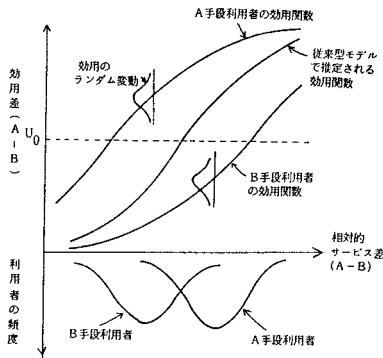


図-4 従来型モデルによる効用関数のバイアス

が、これに対応する相対的サービス差はそれぞれA手段利用者では  $S_{0A}$ 、B手段利用者では  $S_{0B}$  と異なる。したがって、いま、相対的サービス差が  $S_1$  のとき手段Bを利用していただ個人は、サービス変化によって相対的サービス差が  $S_{0B}$  を超えるレベル以上になれば手段Aに転換することになる。しかし、一度利用手段を転換すると評価構造が変わるため、再び元の相対的サービス差  $S_1$  に戻ってもこの個人の利用手段は変わらず、 $S_{0A}$  以下になってはじめて元の手段Bを利用するようになる。このように、本研究の仮説は、個人の手段選択行動が交通サービスの変化に対して完全な可逆性を示さないことを意味している。

もし、この仮説が正しいなら、客観的要因と手段選択結果とを直接に結び付けることにより作成される従来型の手段選択モデルを、サービスの変化する状況での手段選択の予測にそのまま適用すると、適合度が低下するだけでなく、サービスが有利になる方の手段の利用率が過大推計することが考えられる。これは、従来型のモデル

は利用手段による評価構造の差を無視してモデルのパラメーターが推定されるため、推定された効用関数が図-4に示すようなバイアスを持ったものとなることによる。なぜなら、従来型モデルの効用関数は各利用手段別のサービスレベル差別の効用値をサービスレベル差別の各手段の利用者数で重みつき平均したものとなるため、それが各手段の利用者の分布の差に依存するためである（一般に各手段別利用者数の分布は図-4の下側の部分に示すように分布している）。

本研究では、この仮説の妥当性を2段階で検証するものとする。まず、後述する心理尺度化モデルをアンケートから得られる各交通手段のサービスに対する満足度データに適用することによって各交通手段別の利用者と非利用者との間の評価構造の差を調べる。次に、利用交通手段による評価構造の差を交通手段選択行動に反映できるようにするため、交通サービスに対する個人の主観的評価を明示的な形で取り入れた交通手段選択モデルを考え、ある交通サービス状況でのデータからこのモデルのパラメーターを推定し、これを異なる交通サービス状況のデータに適用し、同様の手順を客観的要因を直接に説明要因とする従来型の手段選択モデルに適用した場合と適合度を比較検討する。

### 3. 本研究の仮説に基づくモデルの定式化

#### (1) 主観的評価を考慮した交通手段選択モデル

本研究で新たに開発を試みる交通サービスに対する利用者の主観的評価を明示的に導入する非集計交通手段選択モデルは以下のとおりである。ここでは、従来の非集計行動モデルと同様にランダム効用理論に基づく効用最大化行動の仮説はそのまま採用する。すなわち、個人  $n$  が交通手段  $i$  を選択する確率  $P_{in}$  は次式で表わされる。

$$P_{in} = \text{Prob} \{ U_{in} > U_{jn}, \forall j \neq i \} \dots \dots \dots (1)$$

$$U_{in} = V_{in} + \epsilon_{in} \dots \dots \dots (2)$$

ここに、 $U_{in}$ 、 $U_{jn}$  は個人  $n$  が利用可能な交通手段  $i$ 、 $j$  それぞれの効用である。ここで、従来の非集計行動モデルでは、交通手段  $i$  の効用関数の確定的変動項  $V_{in}$  がすべての個人に共通に式(3)のように表現される。

$$V_{in} = f(SE_n, LOS_{in}) \dots \dots \dots (3)$$

ここに、 $SE_n$  は個人  $n$  の社会経済的特性、 $LOS_{in}$  は個人  $n$  にとって利用可能な交通手段  $i$  のサービス特性レベルである。これに対し、本研究のモデルでは、式(3)の代わりに式(4)のように、 $V_{in}$  が交通手段のサービスに対する個人  $n$  の評価値  $E_{in}$  と  $SE_n$  によって表現され、かつ  $E_{in}$  は、式(5)のように、その個人の実際の利用交通手段によって異なるものと考える点に特徴がある。

$$V_{in} = g(SE_n, E_{in}) \dots \dots \dots (4)$$

$$E_{in} = h_l(SE_n, LOS_{in}) \dots \dots \dots (5)$$

ここに、添字  $l$  は利用交通手段を指す。こうして、 $\epsilon_{in}$  が相互に独立な極値分布に従うと仮定することにより、個人  $n$  が交通手段  $i$  を選択する確率  $P_{in}$  はロジットモデルとして表現される。したがって個人  $n$  の社会経済的特性  $SE_n$  と後に述べる方法により得られる交通サービスに対する個人  $n$  の主観的評価値を用い、 $V_{in}$  が式 (6) で表わされるとして、最尤推定法を用い、そのパラメーター  $\beta_0, \beta_k, \beta_e$  を推定することにより、交通サービスに対する評価構造における個人の現在の利用手段による差を考慮した交通手段選択モデルを作成することができる。

$$V_{in} = \sum_k \beta_k \cdot SE_n + \beta_e \cdot E_{in} + \beta_0 \dots \dots \dots (6)$$

なお、このモデルを交通サービス変化後の交通手段選択の予測に適用する際には、交通サービス変化前の利用手段別に別々の主観的評価値推定モデルを用いて  $E_{in}$  を推定し、交通手段  $i$  の選択確率を計算することになる。

## (2) 非集計心理尺度化モデルの概要

非集計手段選択モデルにおいて、交通サービスに対する利用者の主観的評価を明示的に導入するためには、モデルの作成段階で各個人の交通サービスに対する主観的評価が定量的に把握されていることが必要である。また、こうして作成された手段選択モデルを交通サービスの变化する状況での予測に適用するためには、この主観的評価値と交通サービスや個人の社会経済的特性との関係を把握しておくことが必要となる。すなわち、交通サービスに対する利用者の評価構造を非集計レベルで定量的に表現することが必要となる。ここでは、このような目的のために開発した交通サービスに対する利用者の評価構造の非集計レベルでの分析モデルの概要について述べる。この分析モデルでは、利用可能な各手段の交通サービスに対する各個人の満足度データを用いる。

非集計手段選択モデルに導入することを目的として交通サービスに対する利用者の主観的評価を分析するためには、以下のことを考慮することが重要であると考えた。すなわち、1) アンケートによって得られる満足度は厳密には順序尺度の性質しか有さないため、これを間隔尺度としての評価値に変換すること、2) 一般に、満足度の回答値は判断のあいまいさに伴う回答誤差を含むと考えられるがこれを分離できること、3) 交通サービスに対する主観的評価は、客観的要因との対応のつかないような特定の個人に固有の変動を含むと考えられるが、このような予測不可能な変動は交通計画の情報としては意味がないため、これらを分離し、同一の特性を有する平均的個人についての主観的評価値と客観的要因との関係を把握すること、4) 評価値と対応づけられる客観的要因のパラメーターに統計的有意性検定が適用可能なこ

と。

本研究では、上記のすべてを同時に考慮できるよう、計量心理学における心理尺度構成法の1つであるカテゴリ判断の法則<sup>15)</sup>を、非集計データに適用できるように拡張し、以下に述べるようなモデルを開発した。このモデルを用いることによって、アンケートでの交通サービスに対する個人の満足度に関する回答結果から、間隔尺度化された評価値を求めると同時に、その評価値と個人の社会経済的特性や交通サービスレベルとの関係が明らかにされる。これは Ordered Probit モデルの一種である<sup>16)</sup>。

いま、ある交通状況に対するある個人  $n$  の心理尺度上での評価値  $u_n$  は、その個人の社会経済的要因および交通サービス水準などの客観的要因  $X_n$  と対応づけが可能な確定的変動項  $\bar{u}_n$  と、回答誤差や個人に固有の要因による確率の変動項  $\epsilon_n$  によって以下のように表現されると仮定する。

$$u_n = \bar{u}_n + \epsilon_n = f(X_n) + \epsilon_n \dots \dots \dots (7)$$

一方、個人は交通状況に対する満足度の回答を行うに際して、先の  $u_n$  と同じ心理尺度上に満足度レベルへの回答判断のための境界値を有しており、この境界値は個人によって確率的に変動すると考える。すなわち、ある個人  $n$  についての満足度レベル  $k$  と満足度レベル  $k+1$  との境界値  $Y_{nk}$  は、すべての個人に共通な  $\bar{Y}_k^*$  と個人ごとに確率的に変動する項  $\epsilon_{nk}^*$  によって次式で表現されると仮定する。

$$Y_{nk}^* = \bar{Y}_k^* + \epsilon_{nk}^* \dots \dots \dots (8)$$

以上の仮定の下では、ある交通状況に対するある個人  $n$  の評価値  $u_n$  が  $Y_{n,k-1}$  と  $Y_{nk}$  との間にあるとき、その個人  $n$  は満足度レベル  $k$  に回答するものと考えられるので、客観的要因が  $X_n$  である個人が満足度レベル  $k$  に回答する確率は次式で表現される。

$$P_{nk} = \text{Prob}(Y_{n,k-1}^* \leq u_n < Y_{nk}^*) \dots \dots \dots (9)$$

ここで、 $\epsilon_{nk}^*$  が  $k$  に関して互いに独立で、かつ、その分散が  $\bar{Y}_k^*$  相互の間隔に比べて十分に小さいとすれば、

$$P_{nk} = \text{Prob}(\bar{Y}_{k-1}^* + \epsilon_{n,k-1}^* \leq \bar{u}_n + \epsilon_n) - \text{Prob}(\bar{Y}_k^* + \epsilon_{nk}^* \leq \bar{u}_n + \epsilon_n) \dots \dots \dots (10)$$

と表現できる。

さらに、 $\epsilon_n, \epsilon_{nk}^*$  がそれぞれ独立に平均がともに0で分散が  $\sigma_1^2, \sigma_2^2$  の正規分布に従うものとすれば、 $(\epsilon_n - \epsilon_{nk}^*)$  は、平均が0、分散が  $\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$  の正規分布に従うから、式 (10) は最終的には次のようになる。

$$P_{nk} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{q_{nk}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{q_{n,k-1}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \dots \dots \dots (11)$$

$$\text{ここに、 } q_{nk} = \frac{\bar{Y}_k^* - \bar{u}_n}{\sigma}, \quad q_{n,k-1} = \frac{\bar{Y}_{k-1}^* - \bar{u}_n}{\sigma}$$

以上のように、ある満足度レベル  $k$  への回答確率と  $\bar{u}_n$  が対応づけられる。すなわち、ある個人の客観的要因  $X_n$  と満足度の回答をつなぐものとして、間隔尺度化された評価値が内生的に求められることになる。したがって、

$$\bar{u}_n = \beta_0 + \sum_i \beta_i \cdot x_{ni} \dots \dots \dots (12)$$

とおけば、アンケート調査結果のデータから、最尤推定法によって、パラメーター、 $\beta_0$ 、 $\beta_i$ 、 $\bar{Y}_k^*$  を求めることができる。こうしてパラメーターが推定されれば、それらと客観的要因とを用いることによって、個人に固有の変動や回答誤差を排除した、同一の特性を有する平均的個人の交通サービスに対する評価値が間隔尺度として推定できる。

本研究では、このモデルを、各手段  $i$  ごとに各個人の利用手段  $l$  別に適用し、それぞれから得られる  $\bar{u}_n$  を先の式 (6) の  $E_{in}$  として用いるものとする。

4. 実証的検討結果

(1) 用いるデータの概要

本研究では、名古屋市と豊田市の両都心部を相互直通運転により直結している名古屋市営地下鉄3号線および名鉄豊田線の沿線地域で行った通勤通学実態調査結果のデータを用いる。地下鉄3号線は昭和53年10月の八事一赤池間の開通によって都心から東部の路線が完成し、豊田線は昭和54年7月に開通した。これらの鉄道の開通に伴い、沿線地域のバス路線も再編され、従来の長距離路線の多くは鉄道駅へアクセスする近距離路線に切り換えられた。

調査は、3号線の開通前に1回と豊田線開通後に3回の計4回、いずれも家庭訪問による調査票の配布・回収という形式で実施した。各調査の概要を表-1に示す。

本研究での分析のフローと用いるデータを図-5に示す。

表-1 通勤通学実態調査の概要

調査時点	対象地域 (鉄道から約3キロ以内)	回収サンプル数 (回収率)	主な調査項目 (世帯と個人の属性は全てにはば共通)
昭和53年6月 (第1回調査)	名古屋市天白区	620 (94.6%)	・利用手段とそのサービス水準 ・鉄道開通後の手段利用予定
昭和54年11月 (第2回調査)	名古屋市天白区	537 (89.0%)	・利用手段とそのサービス水準 ・鉄道開通前の利用手段
昭和55年9月 (第3回調査)	名古屋市天白区、日進町、東郷町、豊田市	1681 (86.2%)	・利用手段・代替手段とそのサービス水準・満足度
昭和56年11月 (第4回調査)	名古屋市天白区、日進町、東郷町	1062 (84.0%)	・鉄道開通前に関する上記項目 ・手袋転換の時点

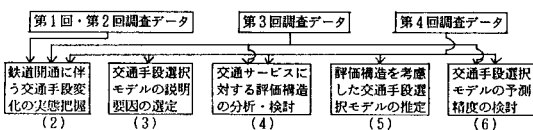


図-5 分析のフローと用いるデータ

す。

(2) 交通サービス変化に伴う交通手段選択の変化の実態

まず、第3回目のサンプルについて鉄道開通前後のマスターのサービスの変化を示したものが表-2である。これから、鉄道開通により、この地域の通勤通学におけるマスターのサービスはかなり変化しており、いずれのサービス特性も向上した割合の方が低下の割合よりも大きいものの、低下した割合が無視できない程度あることがわかる。これらのサービス変化に対応した各交通手段の分担率の変化は、表-3に示すとおりであり、鉄道分担率が約12%増加し、車(運転)およびバスの分担率はそれぞれ5~6%減少したことが目立つところである。

次に、交通サービスの変化に伴う交通手段選択行動の経年的な変化傾向をみるため、4時点での調査データのある天白区のみを対象にして、各時点別の交通手段を比較した。この結果は図-6に示すとおりである。なお、ここでは、経年変化の傾向をより明確に把握するために、サンプルとしては開通前後において、居住地および通勤

表-2 鉄道開通による交通サービスの変化

変化の方向	低下 (%)	変化なし (%)	向上 (%)	平均変化量
サービス特性				
総所要時間	10.6	48.2	41.2	-7.6分
総所要時間の変動量	3.0	80.0	17.0	-3.2分
総所要費用	19.7	60.1	20.0	+10.4円/月
出発時運転間隔	13.8	62.3	23.9	-2.4分
帰宅時運転間隔	13.1	62.1	24.8	-3.7分
始発時刻	5.6	70.9	23.5	—
終発時刻	9.4	63.1	27.5	—
乗り換え時の待ち時間	6.7	67.5	25.8	-0.9分
総徒歩時間	18.6	58.9	22.5	-0.01分
乗り換え回数	15.0	68.0	17.0	+0.04円

表-3 鉄道開通による交通手段別分担率の変化

	鉄道	バス	車運転	車便乗	徒歩・二輪
開通前	41.2%	10.6%	42.9%	2.0%	3.4%
開通後	53.5%	4.2%	38.0%	1.3%	3.0%

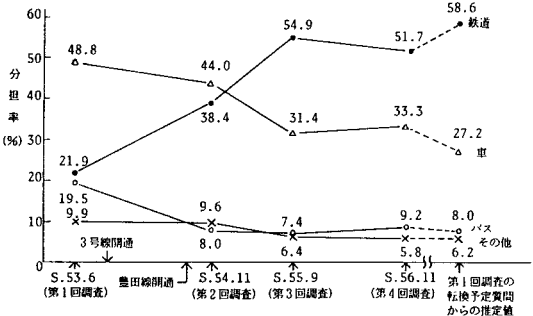


図-6 交通手段別分担率の経年変化 (天白区)

通学先がともに変化していないもののみを取り上げている。また、この図には、第1回調査で得られた、鉄道開通後の手段利用予定のデータから、開通後の手段別分担率を推定した結果を参考のために示した。この図より、鉄道開通によって鉄道分担率が増加し、逆にバスおよび車の分担率が減少しているが、ともに鉄道開通後であり、サービスに大きな変化のない第2回目の時点と第3回目の時点で車分担率と鉄道分担率に大きな変化のあることから、鉄道開通といったマストラのサービス変化に伴う車利用者の手段転換行動はある程度の期間にわたり継続するということが注目されよう。しかし、第4回目の時点ではむしろ逆の変化が生じており、この時点までには手段選択行動は定常的な状態になると考えられる。すなわち、交通サービス変化後6か月から2年の間に定常状態に達すると考えられる。また、このことは鉄道への転換者の転換時期の集計結果によってもいえる<sup>17)</sup>。

(3) 交通手段選択モデルの説明要因の選定

本研究の以下の分析・検討においては、マストラと車との選択を対象とするものとし、また、これらのサービスに対する個人の評価構造は、その個人の現在の利用手段がマストラであるか車であるかによって差があるものとした。このように鉄道とバスを一括し、マストラとして扱う理由は、各交通手段のサービスの構成要素を考えた場合、鉄道とバスとの違いよりも、それらと車との違いが大きいと考えたことにある。しかし、鉄道かバスかによっても評価構造に差があることは十分に考えられる。本研究では、サンプル数が少ないこともあり、その検討は行わないが、今後の検討が望まれる。

本研究では、以下、調査において、利用手段がマストラで代替手段が車であると回答した個人およびその逆のパターンを回答した個人をchoice層とみなし、choice層以外のサンプルはすべて除外して、マストラを選択するか車を選択するかの2項選択ロジットモデルを適用するものとした。ただし、ここでの車には、自分で運転せずに便乗する場合を含めている。

ここでは、まず、第4回調査データを用いて、従来型のアプローチに従って、客観的要因を直接に説明変数とする非集計交通手段選択モデルを作成し、そのモデルの交通サービス変化時への適合性を検討することを通じて、本研究で検討する交通手段選択モデルの説明要因を選定した結果について述べる。

ロジットモデルのパラメーターの推定に際しては、説明要因として表-4に示すものを用意し、これらすべてを含むモデルからスタートし、各ステップで各要因のパラメーターの符号条件、t値を判断し、交通サービス要因群、社会経済的特性群からそれぞれ1つずつの要因を説明変数から排除していき、最終的にモデルに含まれる

表-4 説明変数として用意した要因

略記号	個人属性等 (カテゴリ変数)	略記号	交通サービス変数
SEX	性別(男)	T-TIME	総所要時間(マストラ)
AGE	年齢	C-TIME	総所要時間(車)
	1. ~24才	D-TIME	総所要時間(車-マストラ)
	2. 25~34才	T-TIF	所要時間変動量(マストラ)
	3. 35~44才	C-TIF	所要時間変動量(車)
	4. 45~54才	D-TIF	所要時間変動量(車-マストラ)
LIC	運転免許(有り)	SEAT	着席状況(4段階)
CAR	自由になる車(有り)	CONG	車内混雑度(5段階)
INC	個人年収	FREQ	出発時運行間隔
	1. ~100万円	COOL	車内冷房の有無
	2. 100~300万円	WALK	徒歩時間
	3. 300~600万円	TRNS	乗り換え時間
	4. 600~1000万円	WAIT	待ち時間

すべての要因のパラメーターの符号条件の合理性とt値の有意性が満たされるまで計算を行うことにした。ただし、社会経済的特性については、そのカテゴリに対応するダミー変数の係数が1つでも有意であれば説明変数として残すものとした。まず、この手順で、鉄道開通後(以下では事後とよぶ)のデータに対して各ステップでのモデルのパラメーターを推定し、次に鉄道開通前(以下では事前とよぶ)のデータに対して、事後のモデルを適用し、交通サービス変化時へのモデルの移転可能性を検討した。ここで、モデルの予測精度という観点からすれば、本来なら、事前モデルを事後データに適用すべきである。しかし、本分析では交通サービスとしてアンケートでの各人の回答値を用いるものとしたため、事前データの有効サンプル数は少なく、また、その信頼性は事後データに比べるとやや劣っていることが考えられる。そこで、本分析では、信頼性がより高いと考えられる事後データから推定した手段選択モデルを事前のデータに適用するものとした。

さて、事後データに対して、最終ステップで得られたモデル(モデルAとよぶ)とパラメーターが有意でない

表-5 従来型ロジットモデルの推定結果とその適合度

説明変数	モデルA		モデルB	
	係数	(t値)	係数	(t値)
CONST	-3.77	(3.08)	-3.93	(2.34)
INC-1	-2.50	(2.12)	-3.43	(2.57)
INC-2	0.01	(0.01)	-0.17	(0.20)
INC-3	0.50	(0.60)	0.42	(0.50)
INC-4	1.07	(1.17)	0.95	(1.03)
CAR	2.44	(3.29)	2.00	(2.73)
D-TIME	-0.0442	(4.24)	-0.0394	(3.39)
D-TIF	-	-	-0.0421	(1.37)
SEAT	-	-	-0.313	(1.48)
FREQ	-	-	-0.0015	(0.08)
WALK	-0.085	(3.03)	-0.082	(2.78)
事後データに 対する適合度	サンプル数 (マストラ利用率)	179 (0.374)	179 (0.374)	
	$\rho^2$ 値	0.312	0.335	
	的中率	74.3%	74.9%	
事前データに 対する適合度	サンプル数 (マストラ利用率)	63 (0.254)	63 (0.254)	
	平均マストラ選択 確率<推定>	0.274	0.270	
	的中率	82.5%	87.3%	

要因を含むがその符号は合理的であるモデル(モデルBとよぶ)を示すと表-5のとおりである。事後モデルの事後データ自身に対する的中率は、モデルAとモデルBとでは大差はない。しかし、これらを事前データに適用したときの的中率は、モデルAが82.5%なのに対し、モデルBでは87.3%で後者の方がよくなっている。このことから、交通サービスの変化時への適合度という点からすると、心ずしもすべてのパラメーターが有意であるモデルの方がよいとはいえないことがわかる。この原因の1つとして、ある要因をモデルの説明変数から排除した場合、その影響は、定数項に反映されるとともに、説明変数として用いられている要因との相関関係を通じて間接的に混入していると考えられるが、交通サービスの変化によってその相関パターンが変化する場合があるということが考えられよう。以上のことから、本論文の以下の検討においては、モデルBに含まれる要因を説明変数とするモデルを用いるものとした。

なお、事後モデルBを事前データに適用した場合のマスター選択確率の推定値の平均は実績値に比べわずかではあるが、過大推計となっている。

(4) 交通サービスに対する評価構造の検討結果

事後のマスターおよび車のサービスに対する総合的満足度[「非常に不満」から「非常に満足」までの7段階]データを対象として、利用手段別に、先のモデルBに含まれるものと同じ変数を説明変数とし、非集計心理尺度化モデルを適用した。第4回調査データを用いたモデルの推定結果を表-6、7に示す。これらの的中率はいずれもそれほど高いとはいえないが、各満足度が7段階で選択肢が多いことを考えれば、結果はほぼ良好であると考えられる。また、満足度レベル間の境界値  $\bar{Y}_k^*$  をマスターサービスに対するマスター利用者のケースについて示すと図-7のとおりであり、それらは等間隔とはいいがたく、本モデルの有用性を裏づけているといえよう。

次に、各交通手段のサービスに対する評価構造が個人の利用手段が何であるかによって異なるという本研究の仮説を検証するために、次式で求められる  $\chi^2$  値を用い

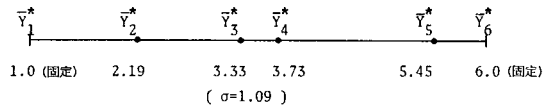


図-7 判断の境界値

て各交通手段のサービスに対する評価値モデルのパラメーター全体についての利用手段間の差の検定を行った。

$$\chi^2 = -2\{L(A+B) - L(A) - L(B)\} \dots \dots \dots (13)$$

ここに、 $L(A)$ 、 $L(B)$  は利用手段  $A$ 、 $B$  それぞれのデータから推定されるモデルの対数尤度、 $L(A+B)$  は利用手段  $A$ 、 $B$  のデータをプールしたデータから推定されるモデルの対数尤度で、この  $\chi^2$  値は自由度が説明変数の数に等しい  $\chi^2$  分布に従う。なお、このとき、利用手段が何であるかによってではなく、単に実際に利用しているか否かによって評価構造に差が出てくるのかどうかをみるために、現在マスターを実際に利用しており、かつ代替的に利用可能な経路としてもやはりマスターの経路を回答したサンプルを取り上げ、その代替マスター経路の交通サービスに対する評価構造と現在マスターに対するそれとの差をも分析することにした。

この結果は表-8に示すとおりである。マスター、車のいずれの評価の場合でも  $\chi^2$  値は危険率1%以下で有意となっており、利用者と非利用者とは評価構造に差があることがわかる。また、利用者モデルを非利用者データに適用したときの的中率は表-9に示すとおりで、それら自身から求めたモデルによるものよりは的中率が低下しているが、代替マスターに対する評価の場合はほとんど差がないことがわかる。このことより、ある交通サービスに対する利用者の評価構造は、その手段をその個人が実際に利用しているか否かではなく、個人の利用交通手段の種類が何であるかによって異なるといえよう。

さらに、個々のパラメーターにおける利用者モデルと非利用者モデルとの差の有意性の検定を、両者のパラ

表-6 マスターのサービスに対する評価モデル

説明変数	マスター利用者		非利用者	
	係数 (t値)	係数 (t値)	係数 (t値)	係数 (t値)
CONST	5.42 (5.77)	3.87 (6.50)		
INC-1	-0.07 (0.10)	-0.16 (0.30)		
INC-2	-0.69 (0.69)	-0.43 (1.27)		
INC-3	-0.26 (0.43)	-0.23 (0.71)		
INC-4	-0.37 (0.86)	0.11 (0.32)		
CAR	0.11 (0.35)	-0.54 (1.41)		
T-TIME	-0.0082 (0.86)	-0.0157 (4.25)		
T-TIF	-0.0469 (0.86)	-0.0204 (1.39)		
SEAT	-0.383 (3.00)	-0.010 (0.13)		
FREQ	-0.0641 (5.09)	-0.0293 (3.36)		
WALK	0.0583 (3.70)	-0.0016 (0.18)		
サンプル数	103	133		
$\rho^2$ 値	0.284	0.278		
的中率	46.6%	43.6%		

表-7 車のサービスに対する評価モデル

説明変数	マスター利用者		非利用者	
	係数 (t値)	係数 (t値)	係数 (t値)	係数 (t値)
CONST	6.27 (4.59)	5.31 (6.76)		
INC-1	-1.43 (1.14)	-1.24 (1.93)		
INC-2	-0.48 (0.41)	-1.32 (2.31)		
INC-3	-0.61 (0.54)	-1.00 (1.82)		
INC-4	-0.12 (1.02)	-1.33 (2.30)		
CAR	-0.22 (0.42)	0.16 (0.31)		
C-TIME	-0.0502 (4.63)	-0.0243 (4.43)		
C-TIF	-0.0308 (2.07)	-0.0165 (1.22)		
サンプル数	122	214		
$\rho^2$ 値	0.192	0.196		
的中率	29.5%	38.5%		

表-8 評価構造の検定指標

評価の対象	マスターの評価		車の評価
比較の対象	マスターの利用経路と代替経路	マスター利用者との利用者	マスター利用者との利用者
$\chi^2$ 値 (自由度)	46.6 (16)	63.1 (16)	35.6 (13)

表-9 利用者評価モデルの適用結果

代替経路データへの適用	マスターの評価		車の評価
	車利用者データへの適用	マスター利用者データへの適用	
	44.3% (44.3%)	34.6% (43.6%)	23.0% (29.5%)

( ) 内は適用されるデータ自身から推定されたモデル的中率

メーターの推定値が独立な正規分布に従うと仮定することにより、 $t$ 検定を用いて行った。この結果、車のサービスに対する評価では、総所要時間の係数の差が統計的に有意となり、マストラに対する評価では、着席状況、運転間隔、徒歩時間の係数において有意差が認められた。

以上より、交通サービスに対する評価構造は個人の利用手段の違いによって差があるという、本研究での仮説の妥当性が実証データによって裏づけられたといえよう。

ところで、本研究で提案した非集計交通手段選択モデルは、交通サービスに対する利用者の主観的評価に関する情報を考慮するものであるから、それが将来予測に適用性を有するためには、評価構造が時間的に安定している必要がある。そこで、本研究では、マストラの交通サービスに対するマストラ利用者の評価構造に関して、①事前と事後の差、②事後における異なる時点間の差のそれぞれについて、先の式(13)と同様の $\chi^2$ 検定を適用した。まず、①に関しては、第3回調査および第4回調査のデータから、事前事後ともに利用手段がマストラで代替手段が車であるサンプルを取り出し、事前事後それぞれについて心理尺度化モデルを適用したのち、 $\chi^2$ 検定を行った。この結果、 $\chi^2$ 値は19.8(自由度:14)であり、危険率10%以下では有意差があるとはいえないことがわかった。次に、②に関しては、第3回調査および第4回調査の事後データについて、①と同様の手順を適用した。この結果、 $\chi^2$ 値は37.0(自由度:16)となり、1%で有意差があることがわかった。ただし、この場合には、第3回調査と第4回調査とで対象地域の範囲が異なるということに注意する必要がある。

以上のように、統計的検定の結果からは、交通サービスに対する利用者の評価構造が時間的に安定しているという保証は得られなかったが、以下では、さらに分析を進め、交通手段選択レベルにおける予測時への適用性という視点から、本研究の仮説の妥当性について検討するものとする。

#### (5) 評価構造差を考慮した交通手段選択モデルの適用結果

4回目の調査の事後データを用いて、(4)で得られた主観的評価値推定モデルから各利用者別に評価値を推定し、車とマストラとの評価値差を求め、これと各利用

者の社会経済的特性とを説明要因として、非集計ロジットモデルを推定した。この結果が表-10である。これによると、評価値差の係数は統計的に有意となっているものの、定数および社会経済的要因に関する変数の係数の $t$ 値は、いずれも小さいことがわかる。これは、これらの要因の影響が評価値差にすでに反映されているためであると考えられる。こうして得られたモデル的中率は全体で91.1%となっており、従来型の客観的要因を直接に説明変数として用いるモデルに比べてかなり良好であるといえる。

次に、事後のデータから得られたモデルを事前の状況に関するデータに適用したときの的中率は、全体で98.4%で、サンプル数は少ないものかなりの適合性のよさを示している。また、マストラ選択確率の推定値の全サンプルについての平均は0.265で実績シェア(0.254)との差は0.011となっており、従来型のモデルに比べてわずかではあるが、そのバイアスは小さくなっている。

#### (6) 2種類の交通手段選択モデルの予測精度の比較検討

これまでの各モデルの移転可能性の検討においては、第4回調査データのみを用いて、事後のデータから作成した事後モデルを事前のデータに適用するという方法を用いてきた。この理由は、本研究では交通サービス変数としてアンケートでの各個人の回答値を用いることとしたため事前のデータには不明が多く有効サンプル数が少ないということにあった。しかし、本来、モデルの予測精度の検討は事前モデルの事後データへの適用という形でなされるべきである。そこで、ここでは第4回調査のデータのみでなく、第3回調査データをも用いて事前のデータから従来型のモデル、評価構造差を考慮するモデルのそれぞれを再推定し、それらを事後のデータに適用することによって両モデルの予測精度を比較検討した。ただし、第3回調査と第4回調査とともに鉄道開通後に実施されているが実施時期に1年以上のずれがあるため、両データをプールして用いることにはデータの同質性の面での問題が残るといえよう。

第3回調査と第4回調査のプーリングデータを用いて事前および事後それぞれに対して各モデルを再推定したときの推定データに対する適合度は表-11に示すとおりである。これより、いずれのモデルも第4回調査のデータのみを用いた場合に比べ的中率は向上していることが

表-10 評価値差を用いたロジットモデルとその適合度

説明変数	係数 (t値)	事後データに対する適合度	事前データへの移転の適合度
CONST	-2.82 (0.90)	・サンプル数: 179	・サンプル数: 63
INC-1	-3.05 (1.01)	・マストラ	・マストラ
INC-2	0.24 (0.09)	・利用率: 0.374	・利用率(実績): 0.254
INC-3	0.22 (0.08)	・値: 0.649	・平均マストラ選択
INC-4	2.18 (0.76)	・的中率: 91.1%	・確率(推定): 0.265
CAR	0.87 (0.95)		・的中率: 98.4%
D-EVAL	2.31 (5.73)		

(注): \*は評価値差(車-マストラ)。すべての係数は車とマストラとの効用差に対応。

表-11 再推定モデルの適合度(第3・4回調査データ)

用いたデータ	モデルの種類	的中率	$\rho^2$ 値	平均マストラ 選択確率
事前データ (n=177)	従来型のモデル	78.0%	0.353	
	本研究のモデル	94.9%	0.685	0.2994
事後データ (n=231)	従来型のモデル	81.4%	0.355	
	本研究のモデル	94.8%	0.756	0.3074



表—12 事前モデルの事後データへの適用結果

モデルの種類	的中率 (%)	平均マストラ選択確率	マストラの実績 share
従来型のモデル	78.4	0.3633	
本研究のモデル	86.1	0.3022	0.3074

表—13 事前モデルの事後データへの適用結果 (開通前の利用手段別)

事前の利用手段	モデルの種類	的中率	平均マストラ選択確率	マストラの実績シェア
車利用者 (n=174)	従来型のモデル	81.0%	0.2906	
	本研究のモデル	86.2%	0.1290	0.1034
マストラ利用者 (n=57)	従来型のモデル	70.1%	0.5852	
	本研究のモデル	86.0%	0.8309	0.9298

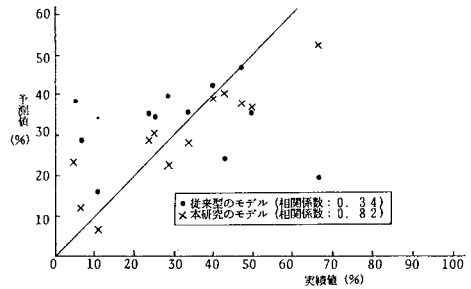
わかる。これはサンプル数の増加によって推定パラメータの安定性が高まったことによると考えられる。

まず、事前モデルを事後データに適用し、サンプル全体についての予測精度を調べた結果を表—12に示す。このときの的中率はいずれのモデルも事後データ自身から推定された事後モデルのそれに比べると低下しているが、本研究での提案モデルの方が従来型モデルよりも高くなっている。また、モデルによるマストラ選択確率の予測値の平均をみると、本研究での提案モデルは実績のマストラのシェアにほぼ一致しているのに対し、従来型モデルのそれはかなり過大予測になっている。このことは、図—4に関して述べたことの妥当性を示している。

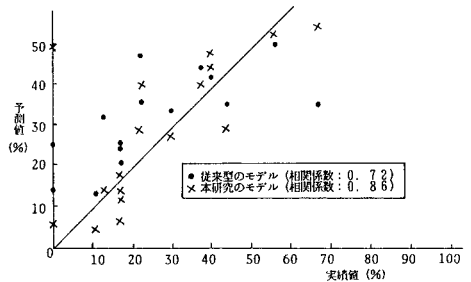
次に、サンプルを鉄道開通前の利用手段によって層別し、それぞれごとに予測精度を調べた結果を表—13に示す。いずれのモデルも開通前の車利用者の平均マストラ選択確率を過大予測し、開通前のマストラ利用者のそれを過小予測しているが、両モデルを比較するとマストラの実績シェアとの不一致の程度は従来型モデルの方が大きいことがわかる。また、的中率も従来型モデルの方が低く、特に、開通前のマストラ利用者の場合は両モデル間の差が大きいことがわかる。

さらに、モデルの精度をより細かく検討するために、サンプルを居住地ゾーン、通勤通学の目的地ゾーンのそれぞれによって層別し、各事前モデルによる平均マストラ選択確率の事後実績マストラシェアに対する適合度を調べた。この結果を図—8、9に示す。これより、居住地ゾーン、目的地ゾーンのいずれで層別した場合においても、本研究での提案モデルの方が従来型モデルよりも相関係数は大きく、適合度がよいことがわかる。なお、ここでは居住地ゾーンとしては調査地域を1つのゾーンの広さがほぼ750m×500mの広さのメッシュ3~4個分となるように分割したものをを用い、目的地ゾーンとしては名古屋市の区レベルを用いた。

ところで、評価値を考えたモデルでは、総所要時間、所要時間の変動量の変数が手段固有変数の形で導入されているが、先の客観的変因を直接に説明変数とするモデルでは、これらの変数は手段間の差の形で扱われており、



図—8 居住地ゾーン別予測の適合度



図—9 目的地ゾーン別予測の適合度

共通変数となっている。そこで、このようなモデル間での差をなくしたうえで両者の比較をするため、上記2変数を手段固有変数として従来型のロジットモデルを作成し、その適合度を検討した。

この結果、サービス変数を手段固有係数とした場合、各変数のパラメータは手段によって異なっており、また、現状再現性も若干向上しているが、これを交通サービスの異なる状況へ適用した場合の適合度は、これらの変数を共通変数とするモデルのそれよりも低下していることがわかった。これから、評価値を説明変数として用いる手段選択モデルの適合性のよさは、交通サービス変数を手段固有変数としていることによるのではなく、利用交通手段による評価構造の差を考慮していることによると考えられる。

以上の結果より判断すると、本研究で提案した利用手段による評価構造差を考慮する交通手段選択モデルは、従来型のモデルに比べて、交通サービスの変化時における予測精度は高いといえよう。

### 5. おわりに

本研究は、交通サービスの変化に伴う交通手段選択行動の予測精度の向上を図ることをめざして、従来の方法とは異なった仮説に基づいて非集計交通手段選択モデルの定式化を行うとともに、鉄道開通地域での通勤通学交通実態調査から得られた開通前後のデータを用いて、仮説の妥当性とそれに基づくモデルの有用性を検討したも

のである。

実証的検討の結果、本研究の仮設の妥当性が確認され、また、本研究で新たに提案した、利用手段による交通サービス評価構造の差を考慮する非集計交通手段選択ロジットモデルは、従来型のロジットモデルに比べて、モデル推定に用いたデータに対する説明力が高いだけでなく、交通サービスの変化時の予測精度も優れていることが示された（ただし、本研究での予測精度の検討においては、交通サービス変化後の調査から得られた、変化前のデータを用いたという問題は残る）。

また、交通サービスの変化に伴う交通手段の転換行動はサービスの変化直後に生じるのではなく、ある程度の期間にわたり継続するが、その継続期間は6か月から2年の範囲にあることが示された。このことは、本研究での交通手段選択モデルの予測精度の検討が、人々の交通行動が定常状態になる時点のデータに対してなされたものであることを保証している。

本研究の非集計交通手段選択モデルは、利用手段が何であるかによって交通サービスに対する評価構造が異なるという仮説を反映するために、交通サービスに対する利用者の主観的評価値をモデルの説明変数として用いるものであるが、従来のいわゆる attitude-behavior モデルとの相違点は以下のとおりである。従来の attitude-behavior モデルはアンケートでの各個人の満足度等の回答値をそのまま用いているのに対し、本研究においては、満足等の回答結果から、利用手段別にその回答のもとになった心理尺度値を推定すると同時にその尺度値と客観的要因との関係を評価モデルによって把握し、行動モデルの説明変数として、この評価モデルによる推定結果を用いている。つまり、満足度のデータは客観的要因と行動の判断基準(効用)との関係を利用手段別に異なったものとするために用いる。したがって、交通サービス変化時においては、満足度のデータは不要で、変化前の行動と変化後の客観的要因さえ与えられるならば変化後の行動予測へのモデルの適用が可能となる。ところで、利用手段による評価構造の差を交通手段選択の予測において考慮するためには、利用交通手段別に手段転換モデルを作成することも有効な方法となり得ると考えられる。しかし、このためにはサービス変化前後のデータあるいは仮想的状態に対する行動意識データが必要となる<sup>18)</sup>。これに対し、本研究でのモデルは各交通手段に対する現在の満足度を追加質問するだけで一時点の行動データを用いてモデルを作成できるという特徴がある。なお、本研究のモデルの将来予測への適用においては、現在の各個人の利用手段を個人的特性の1つと考えることになる。

#### 参考文献

- 1) 太田勝敏：非集計行動モデルの交通計画への適用に関する研究（Ⅰ），（Ⅱ）。東京大学都市工学科，昭和55，56年。
- 2) Atherton, T. J. and Ben-Akiva, M. E. : Transferability and Updating of Disaggregate Travel Demand Models, *Transpn. Research Record*, 670, pp.12~18, 1976.
- 3) Train, K. : A Validation Test of a Disaggregate Mode Choice Model, *Transpn. Res.*, Vol.12, pp.167~174, 1978.
- 4) Galbraith, R. A. and Hensher, D. A. : Intra-Metropolitan Transferability of Mode Choice Models, *J. of Transport Economics and Policy*, pp.7~29, 1982.
- 5) McCarthy, P. S. : Further Evidence on the Temporal Stability of Disaggregate Travel Demand Models, *Transpn. Res.*, Vol.16 B, pp.263~278, 1982.
- 6) 鈴木 勝・森地 茂・石田東生：2時点の調査データを用いた交通機関選択モデルの誤差分析，第34回土木学会年次講演会概要集，第4部門，pp.96~97，昭和54年。
- 7) 杉恵頼寧：交通機関別分担モデルの移転可能性，第2回土木学会計画学研究発表会講演集，pp.81~86，昭和55年。
- 8) 原田 昇・太田勝敏：非集計ロジットモデルに関する研究—通勤交通手段選択の場合—，*交通工学*，No.2，pp.15~23，昭和57年。
- 9) Hensher, D. A. : Perception and Commuter Modal Choice—An Hypothesis, *Urban Studies*, pp.101~104, 1975.
- 10) Goodwin, P. B. : Habit and Hysteresis in Mode Choice, *Urban Studies*, pp.95~98, 1977.
- 11) Goodwin, P. B. and Hensher, D. A. : The Transport Determinants of Travel Choice—An Overview in Determinant of Travel Choice, *Saxson House*, 1978.
- 12) Clarke, M., Dix, M. and Goodwin, P. : Some Issues of Dynamics in Forecasting Travel Behavior—A Discussion Paper, *Transportation* 11, pp.153~171, 1982.
- 13) Tardiff, T. J. : Causal Inferences Involving Transportation Attitude and Behavior, *Transpn. Res.*, Vol.11, pp.397~404, 1977.
- 14) Kawakami, S. and Hirobata, Y. : Analysis on Changes of Modal Choice Based on New Behavioral Hypotheses, *Transport Policy and Decision Making*, Vol.2, pp.389~406, 1984.
- 15) 田中良久：心理学測定法，東京大学出版会。
- 16) Amemiya, T. : Qualitative Response Models—A Survey, *J. of Econometric Literature*, Vol. XIX, pp.1483~1536, 1981.
- 17) 河上省吾・広島康裕・奥山拓哉：交通施設整備に伴う交通手段選択の変化過程に関する研究，第5回土木計画学研究発表会講演集，pp.413~419，昭和58年。
- 18) 河上省吾・広島康裕・溝上章志：意識データに基づく非集計交通手段転換モデルの構築の試み，*土木計画学研究論文集*，Vol.1，pp.11~18，昭和59年。

(1984.3.16・受付)