

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

DISAGGREGATE MODELS FOR PREDICTING MODE CHANGE
USING CAR USER'S BEHAVIORAL INTENTION

河上省吾* 広畠康裕** 溝上章志***

1. はじめに

従来、交通サービスの変化に伴う交通手段選択行動の変化の予測は、通常、交通手段選択モデルを用いて行われており、これまで、数多くの交通手段選択モデルの開発がなされてきた。そのうち最も一般的なのは、実際の交通手段選択行動に関する一時点のクロスセクションデータに基づいて交通手段選択モデルを作成するというアプローチによるものである。しかし、そのようにして作成されたモデルは、交通サービスの変化に伴う行動の変化というプロセスを明示的に考慮していないため、そのままでは、交通サービスの変化する状況に対して適用性を有するという保証はないと考えられる。なぜなら、交通手段の転換という現象には転換抵抗のようなものが存在することが考えられるし、また、個人の交通サービスに対する評価の仕方はその個人がどの交通手段を利用しているかによって異なることも十分にありうると考えられるからである¹⁾。一方、交通手段の転換現象を直接的にモデル化するアプローチは、上記の問題がないため望ましいと考えられが交通手段転換モデルに関する研究、特に非集計レベルでの研究は十分になされていない。

以上のことから、交通サービスの変化に伴う交通手段の転換を予測する上において、直接に交通手段転換行動を非集計レベルで予測するモデルを開発することの意義は大きいと考えられる。そこで、本研究では、交通サービスの変化時における車利用者のマストレへの転換に関する非集計予測モデルを構築する方法の開発とその適用について検討することを目的とする。ところで、こうしたモデル構築のために実際の交通サービス変化における転換行動データを収集するという方法は、そうした事例は一般にまれであるため採用しがたい。さらに、たとえ、そのようなデータ収集の機会を得たとしても、実際の状況はコントロールできないものであるから、変化していない要因の影響は把握することができないし、また実際のデータには要因間に相関があるため、各要因の影響を分離して把握することが困難であるという問題がある。これに対し、意識調査によって交通手段転換モデルを推定するためのデータを収集する方法^{2), 3)}は、上記の問題をある程度解消できるという利点を有していると考えられる。そこで、本研究では車利用者を対象とした交通実態および交通手段の転換意識に関する調査データに基づいてモデルを構築するという方法を用いるものとした。

ところで、意識調査を用いるアプローチには一般に2つの大きな問題がある。第1の問題は、実際の状況に対してでなく、ある設定された状況に対する意識を聞くため、回答者がその仮想的状況をどれだけ正確に認識できるかということであり、第2の問題は、意識と行動との間には何らかのギャップがあることが考えられるということである。本研究では第1の問題をある程度回避するため、質問を工夫することにより全く架空の状況に対する意識でなく、できるだけ現実の状況に密着した状況に対する意識を聞くものとした。第2の問題に関しては、意識データから推定されたモデルを実際の行動データに適用し、その適合性を検討するとともに、現実の行動により良く適合するように意識データに基づくモデルを修正するものとした。

* キーワード： 非集計モデル 交通手段転換 意識データ

** Shogo KAWAKAMI 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部土木工学科

*** Yasuhiro HIROBATA 正会員 工修 名古屋大学助手 工学部土木工学科

**** Shoshi MIZOKAMI 学生会員 工修 名古屋大学大学院 工学研究科博士課程

本論文の内容は以下の通りである。第2節では、ここで新しく開発した自動車利用者だけを対象にしたマストラへの転換意識調査法の概要について述べる。第3節では、モデルのキャリブレーションのために必要となるデータを、現在自動車を利用している人だけのデータから作り出す方法について述べる。第4節では、効用関数についての異なる仮定に基づく3種類の非集計転換モデルを提案し、意識データを用いてキャリブレーションを行った後、それぞれのモデルの特徴について検討を加える。第5節では、意識データに基づいて得られたこれらのモデルを実際にマストラサービスの向上のあった地域で実施した交通実態調査のデータに適用し、その行動実態に対する適合性の検証を行い、さらに意識と行動とのギャップをうめるためのモデルの修正法を適用した結果について述べる。

2. 意識調査の概要

調査は、1982年10月に名古屋市西部・南部周辺の都心部へ流入する7つの道路上で、朝のピーク2時間にわたり、自動車のドライバーに調査票を手渡し郵送により回収を行うという形式で実施した。調査地点、サンプル数、回収率、対象交通量等は表-1に示す通りである。交通手段転換行動の非集計予測モデルを構築するためには、個人ごとに、社会経済的特性、各手段の各種サービス要因のサービスレベルと交通サービス変化時における交通手段選択行動とをデータとして収集する必要がある。そこで調査票では、1) 各種の社会経済的特性、2) 現在利用している自動車の各種サービス要因のサービスレベル、3) 代替マストラ経路と各サービス要因のサービスレベルを質問するとともに、交通サービス変化時の選択行動に関するデータを得るために、4) マストラへの転換意志の有無、5) もし転換する意志があれば、マストラの各サービス要因ごとに、それ以外の要因のレベルは現況のままとしたときの、マストラへの転換のためのサービスの最低条件(図-1参照)を質問している。交通サービス変化後の交通手段選択行動に関するデータは、5)の質問に基づいて、後述する方法によって作成されるが、この質問から得られるデータは、各個人についての現状のサービスレベルに照らし合わせた意識データである。このことから、完全な架空経路に対する選好を質問するような通常の意識調査によるデータにくらべて、より実際の行動に近い意識データを得ることができると考えられる。

表-1. 調査の概要

	調査地点	サンプル数	回収票(回収率)	対象交通量
1	庄内川橋付近	1500	380 (25.3%)	3028
2	新名田橋付近	1500	372 (24.8%)	7651
3	豊公橋付近	1500	384 (25.6%)	3152
4	新名田橋付近	1000	218 (21.8%)	3027
5	三日月橋付近	1500	259 (23.9%)	1812
6	千鳥橋付近	1500	350 (23.3%)	3058
7	大慶橋付近	1500	388 (25.9%)	3508
		10000	2451 (24.5%)	

	良くなる項目	必要時間(分)以上	必要時間(分)以下	必要時間(分)以上
1	電車やバスを根の整備され 所要時間さえ短縮したら	1	2	所要時間の片道()分以下になったら
2	乗り換え時間さえ短縮したら	1	2	乗り換え時間の片道()分以下になったら
...	...	...	...	...

図-1. 転換意志質問の例

3. 転換モデル構築のためのデータの作成方法

本調査から得られた行動データは、全て、自動車を利用しているデータであり、マストラ利用のデータは含まれていないが、非集計交通手段転換モデルのキャリブレーションのためには、個人ごとに、マストラのサービスの変化時の利用手段とその時のマストラのサービスレベルに関するデータが必要である。本調査では個人 i ($i = 1, \dots, N$)に対して、提示された各サービス要因 k ($k = 1, \dots, K$)ごとに、現在の代替マストラサービスレベル S_{ik}^M 、自動車のサービスレベル S_{ik}^C と、他のサービス要因のレベルは現況のままとしたときの、マストラへの転換に踏み切るサービス改善の限度値 R_{ik}^M とを聞いているので、これらのデータからモデル構築のためのデータを作成するものとした。その方法は以下の通りである。個人 i ごとに、マストラのサービス要因 k のみが現在のレベルから任意のレベル $\alpha_{ik} \cdot S_{ik}^M$ (α_{ik} ; サービス変化率)に改善された状態を設定する。このとき、もしサービス変化後のレベル $\alpha_{ik} \cdot S_{ik}^M$ が R_{ik}^M より大であれば、現在

と同様に自動車利用者であると判別し、そうでなければマストラへの転換者であると判別する。こうして、個人ごとに、あるサービス要因 k のみが増化した時のマストラサービスレベル (k 以外は現況のままである) とそのときの利用手段についてのデータとを作成することができる。このとき、本来ならサービス変化率 α_{ik} はいかなる値でも良いわけであるが、ここでは、個人に対するサービス変化率ができるだけバラツキを有するよう個人ごとに $(0 \sim 1)$ の一様乱数 α_{ik} を発生させることによって、任意の新たなマストラサービスレベル $\alpha_{ik} \cdot S_{ik}^*$ の設定を行うものとした。種々のサービス要因に対してサービス変化後の状況を設定するために、以上の操作をモデルに採用するすべてのサービス要因のそれぞれについて行い、それらのデータ群を順次プールしていき、モデル構築のための全データセットとする。

この操作によって作成されたデータは、所要時間と所要費用のように実態データでは相関のあるサービス要因についても、それらが独立に変化する状況を設定できるために、モデルのパラメータ推定時の変数間の相関関係による要因効果の分離の困難さをある程度解消できるという大きな利点を持っている。

4. 転換率モデルの定式化とその推定

4-1 転換行動に関する仮説とモデルの定式化

本研究では、通常の実集計行動モデルにおいて採用されている確率的効用関数に基づく効用最大化行動仮説の考えに従って交通手段転換行動のモデル化を試みる。ただし、通常の交通手段選択モデルのように静的状態を記述するものとは異なり、ここでは交通手段の転換という動的な現象を扱うことにともない、若干考え方を変える必要がある。

いま、あるサービス状態 t において、個人 i がマストラを利用する場合の効用と車を利用する場合の効用との差を U_i^t としたとき、それらが次式のように客観的要因と対応づけが可能な項 V_i^t と個人ごとに確率的に変動する項 ε_i^t との和によって表わされるものとする。

$$U_i^t = V_i^t + \varepsilon_i^t \quad V_i^t = f(SE_i, LOS_i^t) \quad (1)$$

ここに、 SE_i は個人 i の社会経済的特性、 LOS_i^t はマストラと車とのサービス水準差である。いま、サービス状態が $t = G$ から $t = N$ に変化し、効用差が V_i^G から V_i^N になった場合を考える。 $U_i^N > C_i$ とすれば車からマストラに転換すると仮定すると、そのときの個人 i の転換確率 P_i は次式のようになる。

$$P_i = \text{Prob}[U_i^N > C_i] = \text{Prob}[V_i^N + \varepsilon_i^N > C_i] \quad (2)$$

ここに、 C_i は個人 i が車からマストラへ手段を転換する上での抵抗項であるとする。

ここで、式 (2) の ε_i^N 、 C_i に対して異なった仮定をおくことにより異なったモデルが導かれる。本研究では、以下に述べるような異なった仮定に基づく3つの非集計交通手段転換モデルを定式化する。

[MODEL - 1]

このモデルは、転換抵抗 C_i がすべての個人について同一の値をとり、かつ、 ε_i^N が変化前のサービス水準とは全く独立にランダムに分布すると仮定することにより導かれる。いま、 ε_i^N が正規分布 $N(0, \sigma^2)$ に従うとすれば、 $t = N$ のサービス状態における個人 i の転換確率は以下のように表わされる。

$$\begin{aligned} P_i &= \text{Prob}[U_i^N > C] \\ &= \int \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x - V_i^N)^2}{2\sigma^2}\right] dx = \Phi\left(-\frac{C - V_i^N}{\sigma}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

ここに、 $\Phi(\cdot)$ は標準正規分布関数である。ここで $\Phi(\cdot)$ をロジスティック関数によって近似すれば、式 (3) は次式のようになる。

$$P_i = \frac{1}{1 + \exp\{\lambda(\frac{C - V_i^N}{\sigma})\}} \quad (4)$$

周知のごとく、式(4)は、式(1)の ε_i^N を交通手段間の差として定義せずに、それぞれの交通手段についての確率の変動項を考え、それらが互いに独立のワイブル型の分布に従うと仮定することによって誘導されるわけであるが、ここでは以下に述べるモデルとの関連を明らかにするためにあえてこのような誘導方法を用いた。

[MODEL - 2]

このモデルは、 ε_i^N に関してはMODEL - 1と同様の仮定をおくが、 C_i がサービスの変化する前の効用水準 V_i^G によって異なると考えることによって導かれる。いま、個人*i*の手段転換のための抵抗項が、

$$C_i = \alpha V_i^G + C \quad (5)$$

で表現されると仮定する。この C_i についての仮定は、図-2に示すように、現在の効用水準が高いほど転換抵抗が大きいと考えるものである。これによると、いま、サービス水準差が S_1 から S_3 に変化した場合と、 S_2 から S_3 に変化した場合を考えると、それぞれの場合の転換確率は図-2の斜線部となり、変化後のサービス水準は同じでも、以前のサービス水準差によって転換確率は異なることになる。MODEL - 2を式で示すと以下の通りである。

$$P_i = \text{Prob} \left[\frac{V_i^N + \varepsilon_i^N}{\sigma} > \frac{C + \alpha V_i^G - V_i^N}{\sigma} \right] = \Phi \left(- \frac{C + \alpha V_i^G - V_i^N}{\sigma} \right) \\ = \frac{1}{1 + \exp\{\lambda(\frac{C + \alpha V_i^G - V_i^N}{\sigma})\}} \quad (6)$$

これもMODEL - 1と同様のバイナリーロジットの形式となる。ただし、転換確率はサービス変化前および変化後のサービス水準差の関数となる。

[MODEL - 3]

このモデルは、 C_i についてはMODEL - 1と同一の仮定をおくが、 ε_i^N の分布に関して以下のような仮定をおくことによって誘導される。サービスの变化前 $t = G$ においては、全ての個人は自動車を利用しているので、

$$U_i^G = V_i^G + \varepsilon_i^G < C \quad (7)$$

が成立している。したがって個人*i*に対する、 ε_i^G の存在範囲は次式で求めることができる。

$$\varepsilon_i^G < C - V_i^G \quad (8)$$

ここで、この確率の変動項はサービス水準が変化しても同一の個人については同一の値をとると仮定する。すなわち $\varepsilon_i^G = \varepsilon_i^N$ と仮定する。この仮定に従うと、サービスの変化後の個人*i*の効用 U_i^N の存在範囲は以下のようになる。

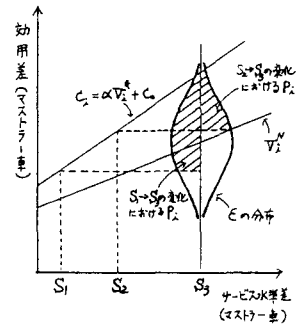


図-2. MODEL-2の概念図

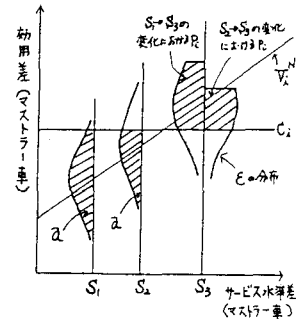


図-3. MODEL-3の概念図

$$U_i^N = V_i^N + \varepsilon_i^N < V_i^N + C - V_i^G \quad (9)$$

つまり、 U_i^N は上限を有する正規分布に従い、図-3に示すようにその上限はサービス変化前のサービス水準によって異なるため、たとえ、変化後のサービス水準差は同一でも変化前のサービス水準差によって転換確率が異なることになる。以上の考えに従って個人*i*の転換確率を式で示すと以下ようになる。

$$P_i = \frac{1}{a\sqrt{2\pi}\sigma} \int_C^{C-V_i^G+V_i^N} \exp\left[-\frac{(x-V_i^N)^2}{2\sigma^2}\right] dx \quad (10)$$

$$= \frac{1}{a} \left[\Phi\left(\frac{C-V_i^G}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{C-V_i^N}{\sigma}\right) \right]$$

$$\text{ここに、} \quad a = \Phi\left(\frac{C-V_i^G}{\sigma}\right) \quad (11)$$

ゆえに、先と同様に正規分布関数をロジスティック関数によって近似すれば、最終的に次式が導かれる。

$$P_i = \frac{\exp\left\{\lambda\left(\frac{V_i^N - C}{\sigma}\right)\right\} - \exp\left\{\lambda\left(\frac{V_i^G - C}{\sigma}\right)\right\}}{1 + \exp\left\{\lambda\left(\frac{V_i^N - C}{\sigma}\right)\right\}} \quad (12)$$

ところで、MODEL-1、2は $V_i^N = V_i^G$ のときでも P_i は0とはならないが、このMODEL-3は $V_i^N = V_i^G$ のときには $P_i = 0$ となり理論上は最も妥当なモデルであると考えられる。

4-2 意識データに基づく転換モデルの推定

3節で述べた方法によって意識調査結果からモデルの構築のためのデータを作成し、マストラへの転換意志を有する自動車利用者についてのマストラへの転換モデルMODEL-1~3の推定を最尤推定法によって行った。今回の意識調査では、変化させるサービス項目として17項目を採り上げており、転換に影響するサービス項目の多くをモデルにおいて考慮することが可能である。これらの各サービス項目および各社会経済的特性の異なる組み合わせに対して、それぞれのパラメータ推定を行った。そのうち、比較的妥当な結果を与える要因の組み合わせについての推定結果を表-2に示す。なお、今回の調査では全ての交通目的を対象としているが、有効なサンプルの大部分は通勤通学であったため、モデルの推定においては、他の交通目的のサンプルは除外している。

表-2. 意識データに基づくモデルの推定結果

	MODEL-1	MODEL-2	MODEL-3
定数	-0.869E+00(2.77)	0.528E+00(1.36)	-0.973E+01(6.93)
年収0~200万円	-0.121E+00(0.39)	-0.129E+00(0.35)	-0.124E+01(0.62)
年収200~300万円	-0.245E+00(0.90)	-0.157E+00(0.48)	-0.545E+00(0.40)
年収300~400万円	-0.612E+00(2.33)	-0.531E+00(1.67)	-0.746E+00(0.55)
年収400~600万円	-0.716E+00(2.73)	-0.713E+00(2.26)	-0.367E+01(1.91)
所要時間差			
使用後	-0.178E+01(7.87)	-0.634E+01(13.5)	-0.289E+01(13.1)
使用前		-0.535E+01(8.78)	
待ち時間			
使用後	-0.133E+01(1.31)	-0.365E+00(8.64)	-0.200E+00(9.06)
使用前		-0.304E+00(7.32)	
徒歩時間			
使用後	-0.134E+01(1.66)	-0.171E+00(8.13)	-0.761E+01(7.66)
使用前		-0.148E+00(7.02)	
出発時間差			
使用後	-0.356E+01(4.21)	-0.270E+00(10.5)	-0.133E+00(9.71)
使用前		-0.237E+00(9.11)	
所要費用差			
使用後	-0.141E+02(3.41)	-0.152E+01(10.0)	-0.779E+02(9.80)
使用前		-0.151E+01(9.23)	
乗換回数	0.539	0.539	0.534
乗換回数 ²	0.588	0.698	0.683
乗換回数 ³	0.482	0.353	0.361
定数値			
全体的	-675	-528	-564
通勤	65.1%	76.6%	75.9%
通学	72.6%	77.8%	80.1%
その他	56.3%	75.1%	71.0%

サンプル数:1063

注)

表-2のパラメータの推定においては、線形の効用関数

を仮定し、効用差は式(4)、(6)、(12)と

は逆に(車→マストラ)とした。また、Cは定数項 β_0

に含まれた。推定に用いたモデル式は以下の通りである。

model 1

$$P = 1 / [1 + \exp\{\beta_0 + \sum_k \beta_k (x_{Ck}^N - x_{Mk}^N)\}]$$

model 2

$$P = 1 / [1 + \exp\{\beta_0 + \sum_k \beta_k (x_{Ck}^N - x_{Mk}^N) - \sum_k \alpha_k (x_{Ck}^G - x_{Mk}^G)\}]$$

model 3

$$P = \frac{\exp\{-\sum_k \beta_k (x_{Ck}^N - x_{Mk}^N) - \beta_0\} - \exp\{-\sum_k \beta_k (x_{Ck}^G - x_{Mk}^G) - \beta_0\}}{1 + \exp\{-\sum_k \beta_k (x_{Ck}^N - x_{Mk}^N) - \beta_0\}}$$

尤度値、的中率によって各モデルの適合度を見ると、MODEL - 2 が最も良くなっているが、MODEL - 3 とはそれ程大きな差はない。これに対し、MODEL - 1 は他の 2 つに比べてかなり適合度が低いことがわかる。また、MODEL - 2、3 はサービス項目のパラメータの全てが有意であるが、MODEL - 1 の待ち時間と徒歩時間の t 値は低くなっている。このことから、転換モデルにおいては、サービス変化後のサービス水準だけではなく、変化前のサービス水準に関する情報を何らかの形で考慮する必要があるといえよう。なお、各モデルのパラメータは、モデルの構造が相互に異なるため、絶対値は相互に異なっているが、MODEL - 2 と 3 では、各サービス項目間の相対的ウェイト比はほぼ同じとなっている。

表-3 意識データによるモデルの実績データの適用結果

		MODEL-1	MODEL-2	MODEL-3
的中率	全体	53.0%	72.3%	68.7%
	乗客	100.0%	66.7%	66.7%
	非乗客	49.4%	72.8%	68.8%
平均転換確率	全体	0.495	0.368	0.302
	乗客	0.744	0.783	0.700
	非乗客	0.476	0.336	0.271

サンプル数: 83 (うち乗客 6)

5. 意識データに基づくモデルの適合性の検討とモデルの修正

5-1 実際の転換行動データへの適用結果

本節では、意識データに基づいて作成された交通手段転換モデルが実際のサービス変化の状況に対してどの

程度の適合度を有するかを検討する。そのために、名古屋市地下鉄 3 号線・名鉄豊田線沿線地域において鉄道開通後に実施した通勤通学実態調査結果から、開通前に車を利用しており、かつ、意識データに基づくモデルで採り上げたサービス項目の値がすべて得られる 83 ケのサンプルを抽出し、MODEL - 1 ~ 3 を適用した。結果は表-3 に示す通りである。

まず、的中率をみると、MODEL - 1 は 53.0 % とかなり低い、MODEL - 2、3 のそれは 72.3 %、68.7 % であり、意識データ自身に対するそれと大差ないことがわかる。

次に、転換率の実績値と推定値の平均転換確率とを比較すると、実際の転換率が 7.2 % なのに対し、モデルによる推定値の平均転換確率は最も小さい MODEL - 3 においても 30.2 % であり、最大の MODEL - 1 では 49.5 % となっており、意識データに基づくモデルをそのまま実際の状況に適用すると、転換行動をかなり過大に予測することがわかる。

過大予測となった理由としては、1) 意識調査での転換するためのサービス変化の限度値の回答値がゆめであり、意識データに基づくモデル自体が過大予測する構造になっている可能性があること、2) 実際の手段転換行動においては、意識調査では把握できない転換抵抗が存在すること、3) 意識データから転換率モデルを推定したときの転換サンプルのシェアが 50 % 以上だったのに対し、実際のデータのそれは 7.2 % とかなり大きなギャップがあり、このことが効用関数の定数項の違いとして現われている可能性があること、4) 意識データによるモデル化の際には転換意志を持たないサンプルを除外したが、実際の行動データではそのことを考慮していないこと、5) 意識調査の実施地域と実態調査の実施地域とはサービスレベルに差があり、また、実際には、意識データで考慮していない要因も変化している可能性があること、等が考えられる。

5-2 実際の行動データによるモデルの修正

意識データから構築したモデルは実際の転換行動を過大に評価する傾向があることがわかった。これは、5-1 で述べた種々の理由によるものと考えられるが、これらの理由のうちの意識データを用いることによるモデルのバイアスを修正するために、実態データからの情報を何らかの形で意識データに基づくモデルに結合することができれば、意識データに基づくモデルをより精度の高いモデルに修正することができると考えられる。ここでは、ある地域で構築された交通手段選択モデルの他地域への移転可能性を高めるためにモデルを修正する方法として Atherton と Ben-Akiva⁴⁾ が開発した次のような 2 つの方法を用いる。その 2 つとは、1) スケールファクターによる方法と、2) ベイズ更新過程による方法である。

スケールファクターによるモデルの修正法は、意識データによって得られたモデルの確定的効用関数を V とするとき、それを $\alpha V + \beta$ のように線形変換し、実際の行動データに最も適合するようなパラメータ α ,

β を推定することによってパラメータを修正する方法である。この修正方法は、各要因間のウェイトの比は意識データから推定されたものと同一としつつ、パラメータを一律に α 倍し、かつ、 β によって定数項をシフトさせることを意味する。

ベイズ更新過程による修正法とは、意識データからの情報を事前の情報とし、実態データからの情報を（サンプル数は少数ではあるが付加的な）事後情報としてこれらを結合する方法である。ベイズ更新過程は、未知の母数 θ における事後分布 $f''(\theta)$ を、 θ の事前分布 $f'(\theta)$ と θ の関数である尤度関数 $L(\theta)$ により

$$f''(\theta) = kL(\theta)f'(\theta) \quad k = \left[\int_{-\infty}^{\infty} L(\theta)f'(\theta)d\theta \right]^{-1} \quad (13)$$

で結びつけ、 θ を更新していく方法である⁹⁾。ここでは、新情報である行動データに基づく転換モデルの推定パラメータの多次元分布 $N(m_1, n_1^{-1})$ がこの尤度関数であり、意識データに基づいて推定されたパラメータの多次元分布 $N(m_2, n_2^{-1})$ が事前分布であるから、パラメータの事後分布の平均ベクトル m と分散共分散行列の逆行列 n は

$$\begin{cases} m = (n_2 + n_1)^{-1} (n_2 m_2 + n_1 m_1) \\ n = n_2 + n_1 \end{cases} \quad (14)$$

によって求めることができる⁹⁾。

まず、83個の実態データを用いてMODEL-1～3をスケールファクターによる方法で修正した結果を表-4に示す。ここで、 β は、MODEL-1, 2において $\beta > 0$ なら、またMODEL-3において $\beta < 0$ なら、実際の行動における転換抵抗のようなものの存在を意味することになる。また、各パラメータの拡大率を表わす α は、 $\alpha > 1$ なら実際の行動の方が意識よりもサービス変化に対してより敏感であることを意味している。MODEL-1は、 $\alpha > 1$ かつ $\beta > 0$ であることから、サービス変化に対してより敏感になるようにすると同時に、意識データでは把握しきれない転換抵抗を表現できるように修正される必要があることがわかる。ただし、 α は有意に1と異なるとは言えない。MODEL-2, 3は、転換抵抗を表現できるように修正する必要のあることはMODEL-1と同じであるが、 α が1より小さな値に推定されていることから、サービス変化に対する感度に関して、MODEL-1とは逆の修正が必要であることを意味している。なお、すべてのモデルについてのスケールファクターによるパラメータ修正モデルは、90%以上の的中率を示すように修正されており、この方法による意識データに基づく転換モデルの修正モデルは、実際の転換行動予測モデルとしてある程度有効であると考えられる。

次に、MODEL-1に関して、意識データに基づくモデルを実際の行動を予測できるようなモデルに修正する種々の方法についての比較検討を行った。

MODEL-1、スケールファクターによる修正モデル、ベイズ更新過程による修正モデルを、243サンプルの実際の行動データに適用した時の結果を表-5に示す。スケールファクターによる方法では、過度に自動車に有利となるように修正しているため、マストラ転換者

平均転換確率が0.26と極端に低下し、実際はマストラへの転換者なのに自動車利用者であると誤って推定されるサンプルも増加しているが、マストラへの転換を過大予測する傾向に対して修正が行われているため、

表-4. スケールファクター法による修正結果

		MODEL-1	MODEL-2	MODEL-3
修正前	的中率	53.0%	72.3%	24.1%
	平均値	0.495	0.368	0.761
	尤度値	-58.44	-99.18	-242.38
修正後	β	3.02 (5.37)	2.80 (5.54)	-5.83 (1.88)
	α	1.171 (0.34)	0.169 (12.2)	0.593 (1.26)
	的中率	91.6%	92.8%	92.8%
	平均値	0.072	0.072	0.074
	尤度値	-17.62	-18.37	-22.23
	尤度値	0.69	0.68	0.62

サンプル数: 83 (意識データ 0.072)

表-5. 各種修正法の比較結果

修正法	MODEL-1 の直接適用	Scale Factor	Bayesian Updating	実態データによる 推定モデル
中 率	57.0%	83.5%	71.6%	84.8%
平均	0.525	0.169	0.443	0.169
全体	0.492	0.150	0.417	0.118
転換者	0.688	0.262	0.570	0.418
尤 度 値	-177.5	-98.2	-140.1	-77.0

サンプル数: 243 (意識データ 41)

正しく自動車利用者に推定される人が実態に近い状態にまで増加するようになり、的中率、尤度値ともに大きく向上し、実態データそのものから推定したモデルと大差はなくなっている。一方、ベイズ更新過程による方法では、自動車利用者のマストラ選択確率がかなり高いために、自動車利用者なのにマストラに誤って転換すると推定されるサンプルが以然として多く残っているが、平均転換確率は10%程度修正され、また的中率も15%程度改善されている。

以上のことから、意識調査の実施地域と類似した地域における実際のサービス変化時の行動データが得られるならば、これらの種々のモデル修正法は、意識データに基づく転換率モデルを実際の行動をより良く再現するような予測モデルに修正するための有効な手段になりうると考えられる。

6. おわりに

本研究では、自動車利用者を対象とした意識調査から交通サービスの変化に伴うマストラへの転換行動を予測するためのモデルを構築する方法について検討した。ここで開発した意識調査では、自動車と代替マストラのサービス現況のほか、代替マストラのサービスの1つの項目のみが改善されたときにマストラへ転換する限度値を意識データとして把握している。そこで、現況のマストラサービスレベルをシミュレーションにより変化させ、マストラサービス変化後のサービスレベル状態を設定し、それと転換限度値とを比較することによって、モデル構築のための行動に関する意識データを作成する方法を開発した。

次に、転換のための基準値と効用の確率的変動項 ε_i に対する考え方が異なる3種類の非集計交通手段転換モデルを定式化し、意識データに基づいてパラメータの推定を行うとともに、実際にマストラサービスの改善がなされた地域における交通実態調査のデータを用いて、それぞれのモデルが実際のマストラサービス変化時の行動予測にどの程度適合するかの検討を行った。その結果、意識データからは、ある程度妥当なモデルを得ることができたが、実際にサービス変化のあった地域で得られた行動データに適用したところ、いずれのモデルも実際の転換行動を過大に予測する傾向があることが分かった。そこで、意識データを用いることによるモデルのバイアスを修正するために、実際の行動データからの情報を意識データに基づくモデルに結合することにより、モデルを修正する2つの方法を適用した。その結果、2つの修正モデルは実際の転換行動をより良く再現することがわかった。

本研究で構築した意識データに基づく転換モデルは、各サービス項目の相対的なウェイトをほぼ的確に把握しているため、意識調査の実施地域と類似した地域における実際のサービス変化時の行動データが得られるならば、それを用いて若干の修正を施すことによって、交通サービスの変化に伴う交通手段転換行動の予測モデルとしてある程度の有用性を持ちうるモデルにすることができると考えられる。ただし、本研究は方法論の提示という段階にとどまっており、実証的検討は十分でない。今後さらに実証面を中心に検討を重ねる必要がある。

なお、本研究は著者3人による共同研究であるが、研究方法の全体フレームの構成、意識調査の設計方針、転換モデルの定式化は河上の指導の下に主として広島が担当し、データ処理およびモデルの推定等の計算は主として溝上が担当した。また、調査において愛知県企画部交通対策室の援助を得たことに対し感謝するのである。さらに、この論文に対し有益なコメントをいただいた森杉、森地、山形の各先生方に感謝する。

＜参考文献＞

- 1) 村上省吾・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。pp413 - 419. 1983
- 2) 谷明良・宮武信吾：通勤経路選択好性の計量化手法。土木学会論文報告集。vol. 267. pp. 83 - 87. 1977
- 3) 田村孝・佐藤幸一・五十嵐日出夫：意識調査データによるモーダルスプリットモデルの構築に関する研究。地域学研究。vol. 12. pp. 139 - 159. 1981
- 4) Atherton T. J. and M. E. Ben-Akiva : Transferability and Updating of Disaggregate Travel Demand Models. TRR. 610. pp. 12 - 18. 1976
- 5) Alfredo H-S. Ang and Wilson H. Tang (伊藤孝・亀田弘行訳)：土木・建築のための確率・統計の基礎。丸善。昭和52年
- 6) H. Raiffa and R. Schlaifer: Applied Statistical Decision Theory. The M. I. T. Press. 1968