IV-26　非集計型多機関選択モデルの研究

本州四国連絡橋公団　黒瀧義則
野村総合研究所　正員　○中林三平

1．はじめに

近年、交通機関選択の分野においては、選択者の行動仮説を明確に表現した非集計型モデルが多用されている。しかし、Logit型のモデルなどに見るように、基本的にはバイナリーチョイスモデルとして開発されたものを多機関選択に拡大して用いているなど、今後の改良の余地は極めて大きい。ここで提案するモデルは非集計型モデルであり、多機関・多要因の機関選択構造を容易に分析するものである。

2．機関選択行動モデル化のための仮説

機関選択者の行動仮説は、次の通り。

1）機関選択者は地域 ij 間の移動に際し、利用可能な機関又は経路 k を評価し、各 k についての負の効用（NU_{ij}^{k}）を知ることができる。

2）機関選択者は NU_{ij}^{k} が最小となるような k を選択する。

以上の行動仮説に加えて、実際にモデルを構築して行くために必要な仮説は次の通り。

3）機関選択者は、各 k を L 個の評価要因（要因 l）により評価する。要因 l（例えば費用、時間など）は客観的に測定可能な量である。

4）機関選択者の負の効用 NU_{ij}^{k} は、要因 l の選択者にとっての相対的な重要度（評価値）w^{l} と各 k の要因値 X_{ij}^{kl} との線型結合によって表現できる。すなわち、

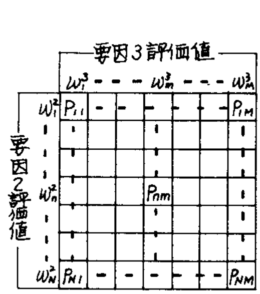
$$NU_{ij}^{k} = \sum_{l} w^{l} \cdot X_{ij}^{kl}.$$

この wl は当然機関選択者個々人によって異なる値である。

上記の仮説4）において、評価値のうちの任意の1つをニューメレールとするのは自由である。（通例に従って「費用」をニューメレールとするのが妥当であろう。）したがって、L 個の要因に対して、$L-1$ 個の評価値が存在する。

3．モデルの定式化

以上の仮説に基づくと、$L-1$ 個の評価値によって描かれる空間中の任意の一点について、負の効用が最小となる機関又は経路は一意的に定まる。したがって、機関選択者が空間内にどのような密度で存在しているかが推計できれば、機関分担率は容易に推計できる。しかし選択者の分布に関して、どのような密度分布が想定できるかについての事前情報は存在しないし、多次元分布の推定も必ずしも容易ではない。ここでは次のような手法により簡便な推計を行っている。



図－1　3要因モデルの選択者分布

まず評価値を任意の離散値で代表させる。図－1に示すように3要因モデルでは、ニューメレールを除く他の2要因により、$N \times M$ のマトリックスが作られる。問題は、このマトリックスの各要素にあたる選択者の存在密度 P_{nm} をどのように推計するかという点に縮小される。この推計は次のような最小二乗問題の解を得ることにより可能である。

$$\underset{P_{nm}}{\mathrm{Minimize}} \sum_{ij} \sum_{k} \left(V_{ij}^{k} - V_{ij} \cdot \sum \delta_{ij.nm}^{k} \cdot P_{nm} \right)^2$$

$$
\begin{aligned}
s.t.\ & \sum_{mn} P_{nm} = 1 \\
& P_{nm} \geq 0 \qquad \text{for } {}^{\forall}n,m
\end{aligned}
$$

但し、 T_{ij}^{k} : ij 間 k 機関（経路）輸送量

T_{ij} : ij 間全輸送量 $=\sum_{k} T_{ij}^{k}$

P_{nm} : セル mn における選択者の存在密度

$\delta_{ij,nm}^{k}$: ij 間の要因値 x_{ij}^{kl} を与えた時に、

$$\delta_{ij,nm}^{k} = 1 \Leftrightarrow \sum x_{ij}^{kl} \cdot w_{nm}^{l} = \min_{k} \left\{ \sum_{l} x_{ij}^{kl} \cdot w_{nm}^{l} \right\}$$

$$\delta_{ij,nm}^{k} = 0 \Leftrightarrow \sum_{l} x_{ij}^{kl} \cdot w_{nm} \neq \min_{k} \left\{ \sum_{l} x_{ij}^{kl} \cdot w_{nm}^{l} \right\}$$

これは単純な二次計画法の問題であり、容易に解は求められる。したがって、ij 間の k 機関（経路）の分担率は求められた分布 $\{P_{nm}\}$ を用いて次のように算定される。

$$P_{ij}^{k} = \sum_{nm} \delta_{ij,nm}^{k} \cdot P_{nm} \qquad \text{但し、} P_{ij}^{k} : ij \text{ 間 } k \text{ 機関分担率}$$

4. モデルの適用例

本州と四国の間には極めて多くのフェリー・旅客船航路が存在し、また利用者も数多くの航路を使い分けている。例えば表-1に示すように、大阪市と松山市の間では9の航路が使い分けられている。このような航路選択の背後にある需要構造を知ることは、今後の瀬戸内地域の交通計画を立てるうえで、極めて重要であり、本四公団実施の実態調査データをもとにモデルを適用した。

評価要因としては、取捨選択のうえ、費用、時間、休息可能性（代理指標として航送時間）、随時性（代理指標として運航間隔）の4つの要因を採用した。実態調査の年間拡大値の解析により、上記の分布 $\{P_{nm}\}$ を推計し、現況の復元性テストを行った結果は、表-2に示すように極めて高い再現性が示されている。

航路	走行台数	分担率
	台	%
A	7	3.6
B	11	5.6
C	80	40.6
D	3	1.5
E	7	3.6
F	24	12.2
G	47	23.9
H	10	5.1
I	8	4.1
計	197	100.0

表-1 大阪市―松山市間の夜間普通貨物車による航路選択状況

このモデルの適用時において、いくつかの興味深い結果が得られている。そのうちの最も特徴的なのは、推計された選択者の分布が必ずしも通常想定されているような単峰型の分布ではないということである。実際の分布は3次元マトリックスとなっており、表示できないが、任意の2次元分布は、通常図-2に示すような形状をしている。つまり、4つの要因を導入したモデルではあるが、選択者分布から判断する限りでは、選択者は比較的単純な評価構造を持っており、ある1つの要因（例えば「費用」や「時間」）を非常に重要視し、他要因には小さなウエイトしか与えていないのではないかということがうかがえる。このような選択者の評価構造が一般的なものなのか、それとも航路選択という限られた範囲のものなのかは、もう少し適用例を増やして分析して行かない限り判断できない。

車種	相関係数
乗用車	0.942
小型貨物車	0.938
普通貨物車	0.762

表-2 航路選択構造の再現性

このモデルは、まだ開発してから間もないものであり、今後改良して行く余地は大きい。しかし、現段階においても現状説明力は非常に高く、選択者の評価構造の分析に対しても直接アプローチできるという優位性を持っていると考えられる。

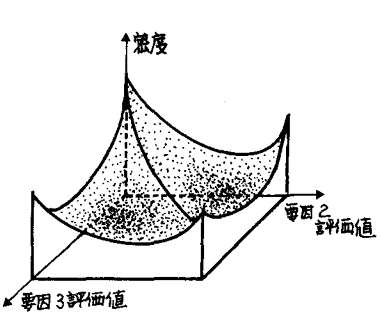


図-2 選択者分布の典型例