

IV-191 旅行者の経験に依存する知覚所要時間分布を用いた交通需要予測

文部省統計数理研究所 正会員 山下 智志
慶應義塾大学理工学部 学生会員 萩山 実

1. はじめに

これまで、旅行時間の不確実性が、交通機関の需要予測に影響を与えることが指摘されてきていた。

NM効用関数を用いた交通需要予測にも、旅行時間の不確実性を表すものとして、旅行者の知覚所要時間分布が用いられている。

従来の研究では、旅行者の合理的期待形成を仮定し、旅行者の知覚所要時間分布を特定するのに、交通機関の実際の所要時間の平均、標準偏差が用いられてきた。しかし、それは旅行者が想定する知覚所要時間分布に一致するとは限らず、知覚所要時間分布を、旅行者の経験に依存する分布としてとらえるほうが、より自然である。

そこで本研究では、室内実験により、旅行者が想定する所要時間分布の形成過程を分析し、経路選択問題の効用関数に適用、予測精度の向上を試みた。

2. 期待効用関数の定式化

出発時刻ベースの期待効用関数を次のように定義する。

$$V_{ink} = T_{ink} - \gamma \Pr(T_{ink}) \quad \dots \textcircled{1}$$

V …旅行者の確定効用

T …出発時刻（到着制約時刻を0とする。）

γ …遅刻することによる不効用に関するパラメータ（一般に正值）

$\Pr(T_{ink})$ …出発時刻が T_{ink} の時に旅行者が知覚する遅刻確率

i …交通機関

n …旅行者の番号

k …個人が利用する交通機関の経験回数 ($k = 1, 2, \dots$)

知覚所要時間分布 $f_{ik}(t)$ を $N(\mu_{ik}, \sigma_{ik}^2)$ とすると期待効用関数は次のようになる。

$$V_{ink} = T_{ink} - \gamma \int_{-T_{ink}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{ik}} e^{-\frac{(t-\mu_{ik})^2}{2\sigma_{ik}^2}} dt \quad \dots \textcircled{2}$$

旅行者はこの効用値を最大化すべく出発時刻を決めていると仮定すると、

$$T_{ink}^* = -\mu_{ik} - \sigma_{ik} \sqrt{2 \ln \left(\frac{\gamma}{\sqrt{2\pi}\sigma_{ik}} \right)} \quad \dots \textcircled{3}$$

という関係式が得られる。これを使って旅行者の出発時刻 T_{ink} から、知覚所要時間分布 $f_{ik}(t)$ 及び遅刻ペナルティ γ を得ることができる。

本研究では知覚所要時間分布の標準偏差が、旅行者の経験に依存すると考え、 σ_{ik} について以下のようなモデル（学習モデル）を提案し、あわせて検討を行う。

$$\sigma_{ik} = a_i + b_i e^{-c_i k} \quad \dots \textcircled{4}$$

3. 1OD2 リンクの場合のパラメータ推定モデル

非集計ロジットモデルを使い、パラメータ推定する際の効用関数設定は次のようになる。

経路1の確定効用

$$V_{lnx} = \theta_1 \{T_{lnx}^* - \theta_2 \Pr(T_{lnx}^*)\} + \theta_3 d_1(i_{n,k-1}) \quad \dots \textcircled{5}$$

経路2の確定効用

$$V_{2ny} = \theta_0 + \theta_1 \{T_{2ny}^* - \theta_2 \Pr(T_{2ny}^*)\} + \theta_3 d_2(i_{n,k-1}) \quad \dots \textcircled{6}$$

i …交通機関

n …旅行者の番号

k …現在までの交通機関総利用回数 ($x + y = k$)

x …総利用回数が k 回までの経路1の利用回数

y …総利用回数が k 回までの経路2の利用回数

θ_0 …経路2ダミーパラメーター

θ_1 …最適出発時刻設定に関するパラメーター

T^* …③式で表される旅行者の最適出発時刻

θ_2 …遅刻ペナルティ

$\Pr(T^*)$ …旅行者が最適出発時刻の下で認識している遅刻確率

d …経路変更に関するダミー変数

このモデルを使い、 $\theta_0, \theta_1, \theta_2$ 及び知覚所要時間分布の平均、標準偏差を推定させる。推定パラメータに関しては、全ての変数を内生変数とすると解が不定になってしまう。

そこで推定パラメータのうちいくつかを外生的な値として代入し、残りのパラメータをロジットモデ

ルで推定させることにする。

どの変数を外生的に与え、どの変数を内生的に与えるかの組み合わせで、数種類のモデルが考えられる。

今回は、推定すべきパラメータのうち、いくつかをあらかじめ最小2乗法で推定させ、その推定値を外生的な値として、モデルに代入し、残りの推定パラメータに関するロジットモデルとして解く方法も試みた。具体的には、それぞれの交通機関毎に、最小化問題

$$\min_{\sigma_k, \gamma} \sum_k \sum_n (T_{ink}^* - T_{ink})^2 \cdots \textcircled{7}$$

を制約条件 $\sigma_k = a + be^{-\sigma_k}$ のもとで解き、その推定パラメータを外生変数として⑤、⑥式に代入することも試みた。

4. 使用データ

コンピュータを用いた室内実験を行った。内容は、被験者に決められた時刻までに目的地に到着しなければならない、という仮想的な状況をイメージしてもらい、出発時刻等を決めてもらうものである。

入力結果に対し到着時刻、得点が計算される。得点は、①式に基づき出発時刻を遅らせれば増え、遅刻するとペナルティーの値だけ減点されるというものである。被験者には得点を最大にしてもらうべく、出発時刻等を決めてもらった。

【実験】10D2 リンク

・使用データ

被験者に提示した遅刻ペナルティー… $\gamma = 120$

経路1の所要時間分布… $N(60, 13^2)$

経路2の所要時間分布… $N(70, 5.2^2)$

・得られたデータ

旅行者 n の選択 i , T_{ink} , 到着予定時刻 A_{ink}

($k = 1, 2, \dots, 100$) ($n = 1, 2, \dots, 39$)

5. 分析結果

いくつかのモデルについて推定した結果を以下の表1に示す。表中の*はロジット分析によるパラメータ推定の際にモデル中に外生的に代入した値を示す。なおモデル間の比較のためにAIC（赤池情報量規準）を用いた。表中のモデルについては知覚所要時間分布の平均値は、全て実際の所要時間分布の平均値を用いている。

モデルⅠ、Ⅱを比較してみるとロジットモデルで遅刻ペナルティーを内生変数として推定させているにも関わらず、AICの値は大きくなっている。

モデルⅢ、Ⅳでは遅刻ペナルティー、及び標準偏差を最小2乗問題であらかじめ推定させた値を使っている。モデルⅢ、Ⅳの違いは、最小2乗問題を解く際に、遅刻ペナルティーに被験者に提示した値を使うか、あるいは内生変数として交通機関毎に推定させるかという点にある。両者のAICを比較してみると、モデルⅢの方がよい結果を示している。

モデルⅤは、最小2乗問題を解かず、ロジットモデル中で標準偏差に関するいくつかのパラメータを推定させたものである。5つのモデルの中ではAICの値が最も良く、あてはまりが良いという結果が表れている。

6. おわりに

遅刻回避型の効用関数に、旅行者の経験に依存する要素を取り入れることで、需要予測精度の向上がみられた。この考え方は交通需要予測のみならず、交通情報提供による社会的効用の測定等への適用性も検討する必要がある。

参考文献

山下智志「NM 効用=Logit モデルを用いた交通需要予測」Research Memorandum Vol.582

表1

モデル	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
推定パラメータ数	3	4	3	3	5
尤度	-843.534	-843.534	-821.028	-834.782	-796.377
AIC	1693.068	1695.068	1648.056	1675.564	1602.754
抜け道ダミー	0.106696	0.2478	3.781422	2.57725	0.111714
無変更ダミー	2.697462	2.697462	2.468191	2.637308	2.341289
遅刻回避モデルの重みづけ係数	0.082723	0.05651	0.236873	0.131123	0.099642
遅刻ペナルティー (国道抜け道共通)	*120	107.0406	*120	-	*120
(国道)	-	-	-	*62.5820	-
(抜け道)	-	-	-	*187.172	-
推定標準偏差 a (国道)	*13	*13	*6.0	*8.13748	*13
a (抜け道)	*5.2	*5.2	*4.9	*4.37576	*5.2
b (国道抜け道共通)	-	-	-	-	12.28241
b (国道)	-	-	*3.4	*12.7921	-
b (抜け道)	-	-	*3.4	*2.79351	-
c (国道抜け道共通)	-	-	-	-	0.032738
c (国道)	-	-	*0.45	*0.61793	-
c (抜け道)	-	-	*0.11	*0.11034	-