（Ⅳ－16） 旅行者の知覚所要時間分布に対する経験が経路選択行動に与える影響

慶應義塾大学理工学部　学生員　○萩山　実
文部省統計数理研究所　正員　山下　智志

1.はじめに

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は従来から指摘されている。

NM効用関数を用いた交通需要予測では、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。

しかし、これまでの研究においては合理的期待形成仮説を前提に、交通機関の実際の所要時間の平均、標準偏差を用い、旅行者の知覚所要時間分布を特定し、期待効用関数を設定してきた。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ない。

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し、予測精度の向上を試みた。

2.遅刻回避型効用関数と最適出発時刻

出発時刻ベースの期待効用関数を次のように定義する。

$$V_{ink} = T_{ink} - \gamma \Pr(T_{ink}) \quad \cdots①$$

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（一般に正値）

$\Pr(T_{ink})$…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（$k=1,2,\cdots$）

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

$$V_{ink} = T_{ink} - \gamma \int_{-T_{ink}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{ink}} e^{-\frac{(t-\mu_{ink})^2}{2\sigma_{ink}^2}} dt \quad \cdots②$$

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、

$$T_{ink}^{*}(\mu_{ink},\sigma_{ink},\gamma) = -\mu_{ink} - \sigma_{ink}\sqrt{2\ln\left(\frac{-\gamma}{\sqrt{2\pi}\sigma_{ink}}\right)}$$

…③　という関係式が得られる。

③式と各旅行者の実際のT_{ink}、μ_{ink}を使って最小化問題 $\min_{\sigma_{ink},\gamma}\sum_k\sum_n\left(T_{ink}^{*}-T_{ink}\right)^2$ を解けば知覚所要時間分布が得られる。さらにそれを交通機関選択のロジットモデルに適用することを試みる。

3.知覚分布推定のための室内実験データ

２種類の室内実験を行った。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、という状況をイメージしてもらい、出発時刻等を決める。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るが、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。被験者は得点を最大にしてもらうべく、出発時刻等を決める。実験の条件等は表－１の通りである。

表－１

	実験１	実験２
選択経路	1OD1 リンク	1OD2 リンク
被験者に提示した遅刻ペナルティー	$\gamma=120$	$\gamma=120$
実際の所要時間分布	$N(50,10^2)$	国道　$N(60,13^2)$ 抜け道　$N(70,5.2^2)$
繰り返し数	100 回	100 回
得られたデータ	旅行者nのT_{1nk}, 到着予定時刻　A_{1nk}	旅行者nの選択i, T_{ink}, 到着予定時刻　A_{ink}

4.学習課程の推計結果

最小化問題　$\min_{\sigma_{ink},\gamma}\sum_k\sum_n\left(T_{ink}^{*}-T_{ink}\right)^2$ を制約条件 $\sigma_{ink}=a+be^{-ck}$ のもとで解き、遅刻ペナルティー、知覚所要時間分布の標準偏差を推定した結果は次のようになった。（$\gamma=120$ としたが、被験者が必ずしもこの値を認識していない可能性があり、σ_{ink}と同

時に最尤推計している。)

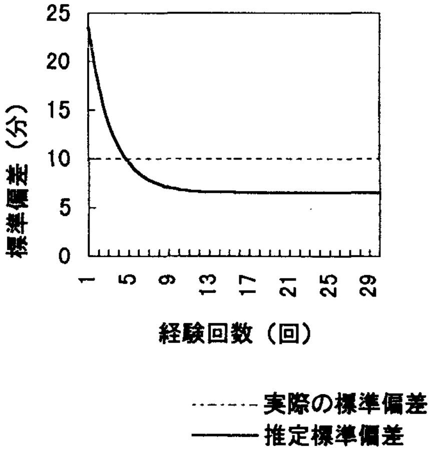
(使用データ:T_{ink}, $\mu_{ink} = A_{ink} - T_{ink}$)

(実験1) $\gamma = 77.6,\ \sigma_{1nk} = 6.5 + 26.1e^{-0.43k}$

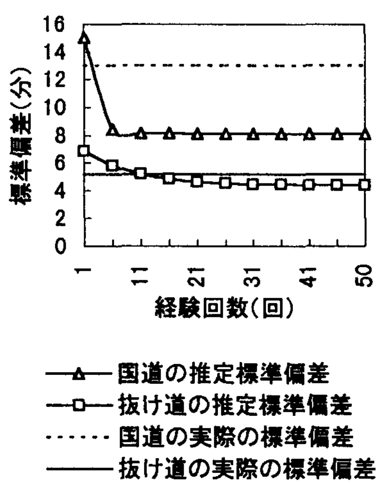
(実験2) <国道>$\gamma = 62.6, \sigma_{1nk} = 8.1 + 12.8e^{-0.62k}$

<抜け道>$\gamma = 187.2, \sigma_{2nk} = 4.4 + 2.8e^{-0.11k}$

実験1及び2で推定した標準偏差の値と実際の標準偏差との比較を図－1, 2に示す。



図－1 (実験1)



図－2 (実験2)

推定された遅刻ペナルティーは、実験前に被験者に提示した値とは異なる結果となった。実験2では、実際の所要時間のばらつきが少ない抜け道の方が、遅刻ペナルティーは大きな値として推定された。

これは提示された遅刻ペナルティーとは異なるリスクを認識して被験者が行動をしているためと考えられる。所要時間のばらつきが小さい交通経路を利用し、遅刻したときのペナルティーは、旅行者に大きな値として認識されることが考えられる

また、推定される標準偏差については、経験回数が少ないうちは大きな値となるが、経験を重ねるにつれて実際よりも小さい値に収束している。この収束値は、実際の標準偏差が大きいものほど実際との差が大きい。

5.学習過程の経路選択問題への導入

4 で推計した学習過程を実験2の経路選択問題に適用することを試みる。具体的には、非集計 logit モデルを用い、確定効用項に含まれる σ_{ink} に対して、学習モデルを代入する。

国道、抜け道の確定効用を次のように定義する。

$$V_{1nx} = \theta_2 T^*_{1nx} - \theta_3 \Pr(T^*_{1nk}) + \theta_4 \delta_1(i_{n,k-1})$$

$$V_{2ny} = \theta_1 + \theta_2 T^*_{2ny} - \theta_3 \Pr(T^*_{2ny}) + \theta_4 \delta_2(i_{n,k-1})$$

k…現在までの総利用回数$(x+y=k)$

x…総利用回数がk回目までの国道の利用回数

y…総利用回数がk回目までの抜け道の利用回数

$i_{n,k}$…旅行者nがk回目に選択する交通手段

T^*_{inx}…推定された$\mu_{inx}, \sigma_{iny}, \gamma$に依存する出発時刻

θ_1…抜け道のパラメータ

δ…経路変更に関するダミー変数

$$\delta_1(i_{n,k-1}) = \begin{cases} 1 & i_{n,k-1} = 1 \\ 0 & i_{n,k-1} = 2 \end{cases}$$

$$\delta_2(i_{n,k-1}) = \begin{cases} 0 & i_{n,k-1} = 1 \\ 1 & i_{n,k-1} = 2 \end{cases}$$

θ_4…δに関するパラメータ

2 項ロジットモデルの推定問題を解くとそれぞれの選択確率は、

$$P_{1nk} = \frac{e^{V_{1nx}}}{e^{V_{1nx}} + e^{V_{2ny}}},\ P_{2nk} = 1 - P_{1nk}$$

となるので、最尤推定法でパラメーター推計を行い交通機関の需要予測に利用できる。

計算結果については当日発表する。

6.参考文献

山下智志「NM 効用=Logit モデルを用いた交通需要予測」The Institute of Statistical Mathematics, Research Memorandum Vol.582,1995