

IV-154

通勤交通の経路選択と出発時刻分布の
同時推定法

長野工業高等専門学校 正会員 柳沢吉保

京都大学工学部 正会員 飯田恭敬

京都大学工学部 正会員 内田 敬

1. はじめに

通勤時の渋滞解消策を立案するためのモデル作成においては、各経路の需要交通量を従来の研究のように一定とした静的配分問題として取り扱うことは問題がある。そこで、仕事開始時刻や到着指定時刻が決められている場合の通勤者の通勤挙動を分析し、どのような出発分布が形成され、経路上の交通量が時間を追ってどのように変化するか明らかにしなければならない。

本研究では通勤者集団の出発時刻選択行動を容易に扱うことのできるネスティッドロジットモデル¹⁾を用いているが、知覚効用については過去に経験した所要時間と予測誤差から決定する方法²⁾により求める。さらにボックス型動的交通流モデル³⁾により多経路多ODの道路網への適用を可能とし、数値計算により通勤挙動特性について考察を行う。

2. 通勤者の効用関数

(1) 通勤者の知覚効用関数

一般街路利用者が通勤行動により消費するコストについては、出発から勤務先までにかかった所要時間、到着から仕事開始時刻 t_d までの到着余裕時間、また遅刻してしまった場合のペナルティーも考慮にいて、それらのトレードオフにより次のような効用関数が考えられる。

$$V_i(r, t_s, n) = d_{i,r} - a \hat{t}_v(r, t_s) - C_o(r, t_s) \quad \dots\dots(2)$$

$V_i(r, t_s, n)$: ODiの経路 r を時刻 t_s に出発する通勤者の第 n 日目の知覚効用

$\hat{t}_v(r, t_s)$: 居住地から勤務先までにかかる通勤者の知覚所要時間

$C_o(r, t_s)$: 到着余裕時間、または遅刻時間に関する消費コストで以下のように定義する。

$$C_o(r, t_s) = \begin{cases} b(t_d - t_s(t_s)) & : t_d \geq t_s(t_s) \\ c(t_d - t_s(t_s)) & : t_d < t_s(t_s) \end{cases}$$

a, b, c, d : 時間価値に関するパラメータ(円/分)

$t_s(t_s)$: 時刻 t_s に出発した場合の勤務先に到着する知覚到着時刻。

条件について $t_d \geq t_s(t_s)$ は遅刻しなかった場合であり、 $t_d < t_s(t_s)$ は遅刻した場合を表している。

(2) 通勤者の知覚所要時間の決定法²⁾

通勤交通のような繰り返し行動では過去に経験した所要時間をもとにこれから行なう通勤における所要時間を予測し、知覚効用の決定を行っていると考えられる。そこで所要時間の予測機構については次のようなモデルが提案されている。

$$\begin{aligned} \hat{t}_v(r, t_s, n+1) = & t_v(r, t_s, n) + \alpha_0 + \alpha_1 y(r, t_s, n) + \\ & \alpha_2 y(r, t_s, n-1) + \alpha_3 y(r, t_s, n-2) + \dots\dots(3) \end{aligned}$$

ここで、

$$y(r, t_s, n) = \hat{t}_v(r, t_s, n) - t_v(r, t_s, n)$$

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$: パラメータ

$t_v(r, t_s, n)$: 観測所要時間の平均値

このモデルでは経験した所要時間のほかに過去の予測所要時間やその予測誤差も取り入れて新たに所要時間の予測を行っている。(3)式では過去に経験した予測誤差を蓄積し、前日の所要時間に予測誤差による補正量を加ることによって次の所要時間を予測している。ここでは、この予測所要時間を知覚所要時間とする。このモデルでは通勤行動の時系列データや経路選択実験によりパラメータの同定を行うことができる。

3. 通勤効用関数による通勤行動の動的均衡モデル

通勤者は毎日起こす通勤行動において様々な出発時刻、経路を選択するが、その通勤行動により得られる効用関数については以下のように表わす。

$$U_i(r, t_s, n) = V_i(r, t_s, n) + \varepsilon(r|t_s) + \varepsilon(t_s) \quad \dots\dots(4)$$

$U_i(r, t_s, n)$: 効用関数

$V_i(r, t_s, n)$: 経路 r , 出発時刻 t_s の組合せによって変化する効用関数の確定項

$\varepsilon(r|t_s)$: 経路 r に関する効用関数の不確定項

$\varepsilon(t_s)$: 出発時刻 t_s に関する効用関数の不確定項

ここで出発時刻 t_s , 経路 r を選択する確率 $P(r,$

t_s)について考えると、個々の行動は必ずしも常に合理的選択行動に厳密に従うとは限らず、また効用関数の知覚に対しても同じ価値判断を持っているとはかぎらない。そこで、効用最大化理論によるロジットモデル¹⁾を適用して、選択確率 $P(r, t_s)$ を求めるのと次のようになる。

$$P_i(r, t_s) = P_i(r|t_s) \cdot P_i(t_s) \\ = \frac{\exp \left[\frac{\mu_{1i} V_i(r, t_s, n)}{\mu_{1i}} \right]}{\exp \left[\frac{\mu_{1i} V_i(*, t_s, n)}{\mu_{1i}} \right]} \times \\ \frac{\exp \left[\frac{\mu_{2i} V_i(*, t_s, n)}{\mu_{2i}} \right]}{\exp \left[\frac{\mu_{2i} V_i(*, *, n)}{\mu_{2i}} \right]} \quad \dots\dots(5)$$

$$V_i(*, t_s, n) = \frac{1}{\mu_{1i}} \ln \sum_j \exp [\mu_{1i} V_i(j, t_s, n)]$$

$$V_i(*, *, n) = \frac{1}{\mu_{2i}} \ln \sum_u \exp [\mu_{2i} V_i(*, u, n)]$$

μ_{1i} : 経路選択に関するスケールパラメータ

μ_{2i} : 出発時刻選択に関するスケールパラメータ

ただしこれらは次のような関係がある。

$$0 < \mu_{2i} \leq \mu_{1i} \quad \dots\dots(6)$$

以上のことより時刻 t_s 、経路 r を選択する通勤者の需要量 $X_i(r, t_s)$ は、対象とする通勤時間帯の総需要量を X とすると

$$X_i(r, t_s) = X \cdot P_i(r, t_s) \quad \dots\dots(7)$$

により求めることができる。

4. 仮想モデルによる数値計算例と考察

図-1のような300の道路網について計算を行なう。0D1はノード1~2間、0D2はノード1~3間、0D3は2~3の間とし、0D1、2ともリンク1を通る場合が経路1、リンク2を通る場合が経路2とする。

通勤時間帯は7:00から8:40までとし、微小時間帯隔は5分を単位とする。企業は複数あるが、仕事開始時刻はすべて9:00とし、その需要交通量は0D1が1670台、0D2が1090台、0D3が430台とする。

知覚所要時間のパラメータについては $\alpha_0=0.400$ 、 $\alpha_1=0.700$ 、 $\alpha_2=0.150$ 、 $\alpha_3=0.050$ を与えた。

簡単のため、(5)式のスケールパラメータは1とする。このモデルは多経路多0Dなので、ボックス型動的交通流モデルを用いて各出発時刻の所要時間を算出するが、その諸条件については、リンク1の流出容量が84台で容量以内の自由走行時間が20分、リンク2の流出容量が94台で容量以内の自由走行時間が30分、リンク3の流出容量が100台で容量以内の自由走行時

間が25分とする。

以上の条件により3つのケースについて数値計算を行なう。

ケース1: 通勤者の知覚効用関数のパラメータについては $a=0.08$ 、 $b=0.08$ 、 $c=0.5$ 、 $d=30.0$ とした。所要時間と到着余裕時間の時間価値を等しくし、遅刻ペナルティをこれらの6.25倍した。

ケース2: $a=0.08$ 、 $b=0.04$ 、 $c=0.5$ 、 $d=30.0$ とした。ケース1と比較し到着余裕時間の時間価値を小さくした。

ケース3: $a=0.08$ 、 $b=0.08$ 、 $c=0.25$ 、 $d=30.0$ とした。ケース1と比較し遅刻ペナルティを小さくした。

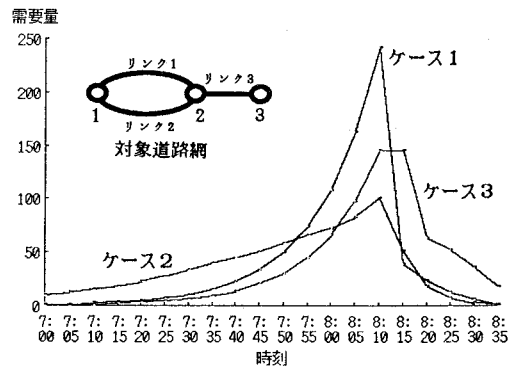


図-1 対象道路網と0D1経路2の出発需要分布

ケース1と比較し、ケース2では到着余裕時間の時間価値が小さく、多少早めに到着しても仕事開始時刻までの時間損失コストが小さいため、所要時間を短くするように早めの出発時刻を選択しているのが分かる。そのためピーク需要はケース1よりも小さい。またケース3では遅刻による罰金が少ないため、遅めの出発分布となっている。

5. おわりに

本研究では、仕事開始時刻が指定されている朝の通勤交通の出発時刻と経路選択挙動を分析するためのモデルを提案した。今回パラメータの値は操作性を考慮して与えたが、実際のデータを用いた場合のパラメータの同定法について検討する必要がある。

参考文献

- 1) BEN-AKIVA: DYNAMIC MODEL OF PEAK PERIOD TRAFFIC WITH ELASTIC ARRIVAL RATES, Trans. Sci. Vol. 20, No. 2, pp. 164-181, 1988.
- 2) 飯田恭敬, 内田 敬, 宇野伸宏: 通勤者の旅行時間予測機構に関する実験分析, 第13回土木計画学研究講演集, pp. 335-342, 1990年11月
- 3) 鷹尾和亨, 飯田恭敬, 内田 敬: 経路選択シミュレーションによる動的交通量配分, 土木学会第45回年次学術講演会IV, 1990年10月