

IV-158

通勤交通の出発時刻分布の推定法

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. 概要

都心における各会社の仕事開始時刻が同一である場合、各通勤者はこれに間に合うように居住地を出発するので、都心付近の道路で交通量が集中し、渋滞を引き起こすことになる。これを解決する1つの方法として、会社の始業時刻を変更して、各居住地からの出発時刻分布をずらし、道路上の交通量ピークを低くすることが考えられる。

このような観点から本研究では、所要時間の不確定性からなる遅刻リスク等を考慮に入れた効用関数を用いた効用最大化問題により通勤者の出発分布を求めるための方法を提案し、効用関数のパラメータを変化させた場合の出発挙動について考察を行う。

2. モデルの定式化

ここでは1001経路の場合の通勤交通の出発時刻分布のモデル化を行なう。

(1) 出発時刻と到着時刻の関係

出発時刻と到着時刻には次のような関係がある。

$$t_a^i = t_e^i + t_v^i \quad (1)$$

ここで、

t_e^i : 第 i 番目の出発時刻 (i は第 i 番目の微小時間間隔)

t_v^i : 時刻 t_e^i に出発した通勤者の所要時間

t_a^i : 時刻 t_e^i に出発した通勤者の到着時間

本研究では、所要時間については確率的に変動しているものとして取り扱う。通勤者が出発前に知覚している所要時間の確率密度関数を

$$p_v^i(t_v^i) \quad (2)$$

と表す。すると、 t_e^i に出発した通勤者の到着P.D.Fは

$$p_a^i(t_a^i | t_e^i) = p_v^i(t_a^i - t_e^i) \quad (3)$$

のように所要時間P.D.Fで表すことができる。到着P.D.Fが与えられると t_e^i に出発した通勤者が仕事開始時刻 t_0 までに到着する非遅刻確率 $\alpha(t_e^i)$ は

$$\begin{aligned} \alpha(t_e^i) &= \int_{t_0 - t_e^i}^{t_0} p_a^i(t | t_e^i) dt \\ &= \int_{t_0 - t_e^i}^{t_0} p_v^i(t - t_e^i) dt \end{aligned} \quad (4)$$

と表すことができる。

(2) 通勤者の交通行動の効用

時刻 t_e^i に出発した通勤者の効用関数について考える。ただし、ここでは全ての通勤者は遅れないように努力しており、出発時刻選択にあたっては平均到着時刻が仕事開始時刻を越えないように出発時刻を選択するものとする。

本研究では、出発から仕事開始までに消費する時間と遅刻確率とのトレードオフを考慮する。さらに交通混雑によるドライバーのストレス等を考えると所要時間と到着から仕事開始までの到着余裕時間の時間価値は異なると考えた方が妥当であることから、次のような効用関数を採用した。

$$\begin{aligned} U_i &= d - a E(t_v^i) \\ &\quad - b \{t_0 - t_e^i - E(t_v^i)\} \\ &\quad - c \{1 - \alpha(t_e^i)\} \end{aligned} \quad (5)$$

U_i : 時刻 t_e^i に出発した通勤者の効用

$E(\cdot)$: 期待値

a, b, c, d : パラメータ

この式の第2項は所要時間の期待値による非効用、第3項は到着余裕時間の期待値による非効用、第4項は遅刻確率による非効用を表わす。

(3) 出発時刻 t_e^i の選択確率 P_i の求め方¹⁾

通勤者が出発時刻を選ぶメカニズムについて考える。通勤者は繰り返しの通勤によって所要時間の期待値とその分散を知覚し、これにもとずきどの時刻に出発すればどれだけ遅刻する危険性があるかを考慮する。そしてある遅刻リスクを受け入れて出発時刻の選択を行うが、走行後再びに所要時間と到着余裕時間も考慮して、あまり所要時間がかかるようであれば早めの出発時刻に変更する。このように各通勤者は所要時間、到着余裕時間、遅刻確率からなる効用を最大とするような出発時刻を選ぶ。この出発時刻 t_e^i を選択する確率 P_i 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、情報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を適用して、選択確率 P_i を求めることにする。遅刻確率 P_i は

$$P_i = \exp U_i / \sum \exp U_i \quad (6)$$

により求めることができる。よって時刻 t_i を選択する通勤者のフロー X_i は、対象とする通勤時間帯の累積フロー X とすると

$$X_i = X \cdot P_i \quad (7)$$

で求めることができる。

3. 出発時刻分布シミュレーション

ここでは過去経験した効用についても考慮するため第 k 回目の効用については次式により修正を行った。

$$U_i^{k'} = \beta U_i^k + (1 - \beta) U_i^{k-1} \quad (8)$$

β : k 回目の効用に対する重み係数

以下出発時刻分布を求めるためのアルゴリズムを示す。

step.1: $k = 1$ として計算を開始。

step.2: 各出発時刻に適当なフローの初期値 X_i^{k-1} を与える。

step.3: 所要時間関数により所要時間の期待値を求める。

step.4: 各出発時刻の遅刻確率を(4)式を用いて求める。

step.5: 各出発時刻の利用者の効用 U_i^k を(5)式を用いて求める。

step.6: (8)式により効用関数値を修正。

step.7: 各出発時刻選択確率 P_i^k をstep.6で求めた $U_i^{k'}$ を用いて(6)式により求める。

step.8: 各出発時刻のフロー X_i^k を(7)式を用いて求める。

step.9: $|X_i^k - X_i^{k-1}| < \varepsilon$ であれば計算を終了。そうでなければ $k=k+1$ としてstep.3へ戻る。

4. 簡単な計算例

1001経路の道路に対して計算を行なう。通勤時間帯は7:00から9:50までとし、微小時間帯は10分を単位とする。事業所は3つあり、それぞれの仕事開始時刻は8:30, 9:00, 9:30とし、その需要交通量はそれぞれ81, 72, 63とする。所要時間関数による平均所要時間 μ は

$$\mu_i = 0.019 X_i + 0.009 X_{i-1} + 3.5 \quad (9)$$

とする。また(2)式の知覚所要時間の期待値は3.83, 標準偏差を1.28, (8)式の β は0.7とし、これらは先

験的に与えた。計算については効用関数のパラメータを変化させた以下のケースで行なう。

ケース1: 遅刻確率を考慮する場合。効用関数のパラメータを $a=4, b=1, c=10, d=30$ とする。

ケース2: 遅刻確率を考慮し、準備時間と所要時間の時間価値を等しくした場合。効用関数のパラメータを $a=4, b=4, c=10, d=30$ とする。

ケース3: 遅刻確率の重みを大きくした場合。効用関数のパラメータを $a=4, b=1, c=20, d=30$ とする。

シミュレーションにおいて各出発時刻の平均到着時刻が仕事開始時刻を越えた場合、その出発時刻の非効用を無限大とした。9:30仕事開始時刻の通勤者のケース1~3までの出発時刻分布を図-1に示す。

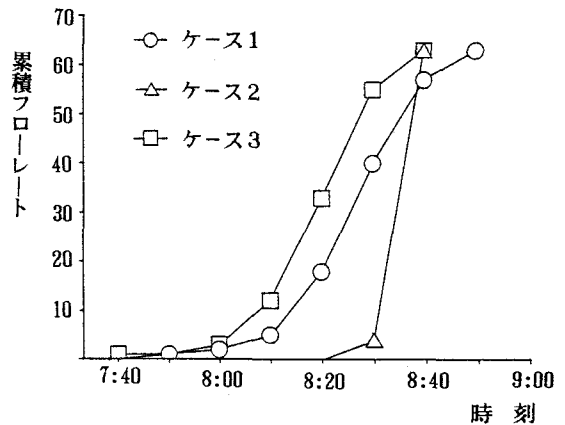


図-1 9:30仕事開始時刻の出発時刻分布

5. 考察

図-1の出発到着分布のグラフの特徴についてケース1と対比してみる。ケース2は遅い時刻に出発が集中しているが、これは到着余裕時間に対する時間価値の重みが大きいためであり、大半の通勤者になるべく準備時間を少なくしようとしているためである。ケース3は遅刻に対する重みを大きくしているため、比較的早い出発分布となっていることが分かる。今後、過去の走行によって実際に経験した所要時間の変動が出発時刻を選択する前に知覚する平均所要時間や分散に与える影響についても考慮にいられて研究を進める予定である。

(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, 1986.