

IV-25

交通状態の不確実性を考慮した
時差出勤政策の評価について

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の1つとして、交通施設の整備が考えられるが、財源上の制約も大きく、また短期的には不可能である。そこで道路上の交通量ピークを低くし混雑を緩和する方法を考えることにする。

通勤者は始業時刻に間に合うように居住地を出発し、しかも出発してから始業時刻までの時間をなるべく短くするように出発時刻を選択している。このことを考慮し、本研究では時差出勤政策などにより会社の始業時刻を変更し、通勤者の出発時刻分布をずらすことにより、道路上の混雑を緩和するためのモデルの提案を行う。そこで、

(1) 通勤行動については個人の通勤効用をもとにした動的な扱いを行う。

(2) 道路上の交通状態は日々変動しているため、その変動も考慮にいたれた評価関数を構築し、所要時間の不確実性が通勤者の効用に与える影響について分析する。

2. 通勤交通行動

(1) 通勤者の見積所要時間

通勤者は所要時間の変動を考慮し、通勤前にある特定の経路、出発時刻における所要時間の見積りを行なう。すなわち見積った所要時間による損失費用と見積値を上回った場合の遅刻などの損害とのトレードオフにより所要時間を見積り選択行動を行う。そこで所要時間が正規分布に従うとすると、見積所要時間は以下ようになる。

$$\hat{t}(r, t_s) = \bar{t}(r, t_s) + \sigma_T(r, t_s) \times \phi^{-1}\left(\frac{\beta \sigma_T(r, t_s)}{\gamma}\right) \quad (1)$$

$\phi(\cdot)$: 標準正規確率密度関数

$\bar{t}(r, t_s)$: 所要時間の平均値

$\sigma_T(r, t_s)$: 所要時間の標準偏差

β, γ : 時間価値, 損害に関するパラメータ

(2) 通勤者の効用関数

道路利用者が通勤行動を起こす前に見積る効用関数については、出発から勤務先までに見積る所要時間、遅刻してしまった場合の損失からなるが、それ以外にも到着から仕事開始時刻 t_d までの到着余裕時間も通勤効用に影響を与えていると考えられる。そこで次のような効用関数が構築できる。

$$V_i(t|r, t_s, t_d) = -at(r, t_s) - C_o(r, t_s, t_d) \quad (2)$$

$V_i(t|r, t_s, t_d)$: 時刻 t_s に出発し、経路 r を利用するODiの通勤者の効用関数値

$t(r, t_s)$: 居住地から勤務先までにかかる通勤者の見積所要時間

$C_o(r, t_s, t_d)$: 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。

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

$$t_a(r, t_s) = t_s + \hat{t}(r, t_s)$$

a, b, c : 所要時間, 到着余裕時間, 遅刻時間に関する不効用パラメータ

(3) 通勤効用関数による通勤行動モデル

通勤者は効用が最大となる出発時刻と経路を選択するが、常に合理的選択行動をするとは限らない。そこで通勤時の選択行動モデルは、通勤行動により得られる効用関数をランダム効用関数とし、NLモデルを適用することによって説明することとする。

出発時刻 t_s と経路 r の同時選択確率は以下のように表すことができる。

$$P_i(r, t_s, t_d) = P_i(r|t_s, t_d) \cdot P_i(t_s, t_d) \quad (3)$$

3. 時差出勤政策問題の評価

時差出勤により企業の始業時刻をずらすと、ピーク需要が低くなり、結果として通勤時の所要時間と到着余裕時間が短くなり、通勤者の不効用を低くすることができる。しかし交通状態は日々変動しているため、所要時間の平均値をもとにした平均的な効用だけの評価による政策では、実際の通勤において交通状態の変動による予想外の損害を受ける場合も

考えられる。また時差出勤政策での始業時刻の設定や交通量が交通状態に与える影響も考慮する必要がある。そこで政策の評価関数としては、通勤者の効用を用い、交通状態の不確実性、すなわち所要時間の変動による損害も考慮して(4)式のような期待総効用を用いる。ただし、始業時刻を変えることによる各企業の損失については考えず、始業時刻の設定範囲については与えられているものとする。

$$EV(X) = \sum_{t_d} \sum_{t_s} \sum_r X \cdot p(r, t_s, t_d) \times \left\{ \int_0^{\infty} V(t|r, t_s, t_d) p(t|r, t_s, t_d) dt \right\} \quad (4)$$

$p(t| \cdot)$: 条件 $\cdot$ の下で、所要時間が t となる確率
ここで $V(t|r, t_s, t_d)$ については(2)式の t の代わりに t を用い、出発時刻、経路の同時選択確率である $p(r, t_s, t_d)$ については(3)式より求めることができる。

ところで経路・出発時刻の選択行動の収束状態においては、見積った効用よりも大きい効用が得られても安全マージンを含めた見積値の決定を行っている。そのことによる効用の増分は考えない。そこで、(4)式の確率変数である所要時間については次のように表す。

$$t = \begin{cases} \hat{t} & (t \leq \hat{t}) \\ t & (t > \hat{t}) \end{cases} \quad (5)$$

よって(4)式で示した評価関数は通勤者の見積不効用と、その見積値を上回った場合の損害も考慮にいれていることになる。

4. 数値計算例

本研究では、政策に対する評価関数として(4)式のような所要時間の分散も考慮にいった総期待効用を示したが、ここでは交通状態の変動や、その損害を考慮にいれない場合の総不効用の評価との違いを比較するため、以下の評価関数を設ける。

評価関数1：(4)式とした場合。

評価関数2：(4)式で見積値を上回る部分について考慮しない場合で、通勤者の見積総不効用とする。

$$EV(X) = \sum_{t_d} \sum_{t_s} \sum_r X \cdot p(r, t_s, t_d) \cdot V(\hat{t}|r, t_s, t_d)$$

評価関数3：(4)式の効用関数について所要時間の分散は考慮せず平均所要時間 $\bar{t}$ を用いた場合。

$$EV(X) = \sum_{t_d} \sum_{t_s} \sum_r X \cdot p(r, t_s, t_d) \cdot V(\bar{t}|r, t_s, t_d)$$

(1) モデルの設定

10D1 経路の道路網について計算を行なう。

通勤時間帯は7:00から8:40までとし、時間間隔は5分を単位とする。企業の仕事開始時刻は8:00、8:05、8:40、8:45、8:50、8:55、9:00とし、その発生量はそれぞれ420、560、245、175、105、175、210台とする。そして、8:05の始業時刻をもつ発生交通のうち、210台の始業時刻を8:45～9:00の間で5分ごとに設定し、そのときの評価関数値について検討を行う。

(2) 結果の考察

交通量を8:45～9:00の間で5分ごとに設定した場合の全通勤時間帯の発生量に対する評価関数（総不効用）の値について表-1に示す。

表-1 始業時刻8:40～9:00での各評価関数値

	8:45	8:50	8:55	9:00
評価関数1	8680	12414	8573	8505
評価関数2	8272	9403	8155	8071
評価関数3	7713	9146	7596	7604

それぞれの評価関数で、その値（総不効用）が最小となる時刻が最適な始業時刻となる。表-1より、所要時間の平均値による評価3では8:55に設定した場合に最適な時間設定となる。しかし所要時間の分散が大きいため、評価1、2では見積所要時間や損失を受ける確率が大きくなり、最適な時間設定とまらない。

5. おわりに

本計算例では、評価1、2の最適な時刻設定が同じとなったが、それぞれの評価関数の特性について考察を行うと、

①評価1では所要時間の分散により通勤者が見積る所要時間と、見積値を上回った場合の遅刻などの大きな損失も評価することができる。

②通勤者が始業時刻ぎりぎりに到着するような通勤行動をとる場合には、見積値を上回ると遅刻という大きな損失を受ける確率が高くなる。通勤者の見積値だけを考慮している評価2では、この点を評価することができない。

③評価3では所要時間の平均値による効用であるため、所要時間の変動が大きいと、実際の通勤では遅刻などの損失を受ける確率が高くなる。

今後、交通量と評価関数1～3との関係について、計算例を増やし検討する予定である。