

高速道路を利用する通勤者の出・退勤時刻決定行動に関する研究

九州大学工学部	地球環境工学科	学生会員	○井料 正貴
九州大学大学院	工学府	学生会員	中村 隼
九州大学大学院	工学研究院	正会員	李 強
九州大学大学院	工学研究院	正会員	角 知憲

1.はじめに

都心部における通勤時間帯の混雑解消のため、交通需要管理施策が重要であると認識されている。TDMのねらいを果たすため、あるいはTDMの効果を予測するために時間拘束がある通勤交通の特性に基づいて、通勤者の時刻決定行動や交通手段選択行動などを把握する必要がある。通勤者の出・退勤時刻決定モデルは既に提案し、異なる交通手段(鉄道・バス・自動車)を利用する通勤者の行動に適用した。本研究は、一般道路と高速道路を利用する通勤者の選択行動を解析するための基礎として、一般道路利用者に適用された出・退勤時刻決定モデルの、高速道路利用者への適用を試みるものである。

2.出・退勤時刻決定行動のモデル化

1)非効用関数の仮定

通勤者は、一日サイクルの中で指定された始業時刻と終業時刻に応ずることを主な動機として行動すると考え、次のような非効用を仮定した。

$$D_1 = -A_1(t_d - t_a) \tag{1}$$

$$D_2 = F(\alpha) \tag{2}$$

$$D_3 = n \cdot \exp(-B_2 \cdot t_{out}) \tag{3}$$

$$D_5 = A_3(t_h - t_b) \tag{4}$$

D_1 : 自宅を早く出発することによる非効用,

D_2 : 遅刻による非効用,

D_4 : 職場からの退勤を急ぐことによる非効用,

D_5 : 帰宅時刻が遅くなることによる非効用,

t_b : 始業時刻, t_f : 終業時刻, t_d : 自宅出発時刻,

t_h : 帰宅時刻, t_{out} : 退勤時刻, α : 遅刻確率

A_1, A_3, B_2, n : 正のパラメータ,

t_a, t_b : D_1, D_5 の弁別閾に対応する時刻

また、自動車利用者は混雑する交通を通行せざるをえない場合、交通混雑による疲労、焦燥感などの非効用を感じており、その非効用を減少させるため、交通混雑を避けるよう行動すると考えられる。従って、交通混雑によって被る非効用 D_3 も用いた。

$$D_3 = \sum A_2(v_i/v_0)^\beta \cdot l_m \tag{5}$$

A_2, β : 正のパラメータ, l_m : 区間距離,

v_i : 区間平均速度, v_0 : 速度の下限,

非効用 D_3 は、 v_0 を速度の下限とし、 v_0 を超える速度で走行すると減少し、 v_0 を下回る速度で走行すると増大するような関数である。

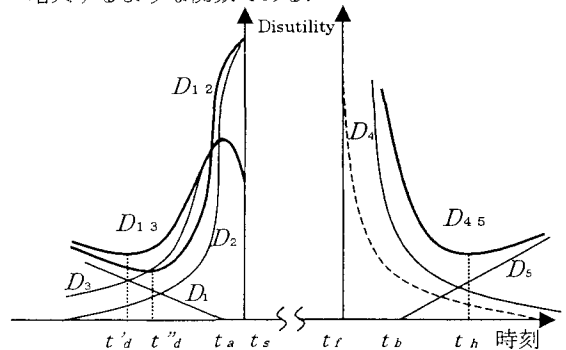


図-1 出・退勤時における時刻決定モデル

2)出・退勤時刻決定モデル

図-1は、人の出・退勤時刻の決定行動を示すものである。横軸に時刻、縦軸に非効用を表すと軸の左側が出勤時、右側が退勤時を表現している。出勤時において通勤者は、時間的な拘束が支配的な場合は D_1 と D_2 の和 $D_{1,2}$ が最小になるよう行動する。また、渋滞による非効用を減少させようということが支配的な場合には D_1 と D_3 の和 $D_{1,3}$ が最小になるよう行動する。実際の出発時刻は、この二つのうち早いほうであるとし、 t_d が $\min.(t'_d, t''_d)$ である。経験的に、交通混雑を回避することを行動の動機として決定した自宅出発時刻 t'_d は、 t''_d より著しく早いことが多いので、このような取り扱いは計算量を軽減することに有効である。退勤時においては、通勤者は D_4 と D_5 の和が最小となるような時刻 t_h を最適な帰宅時刻とする。

また、閾値 t_a, t_b には、個人によって感じ方が異なり、ばらつきが生じるという個人差を導入し、そのパラメータを正規分布と仮定した。

3.北九州市域におけるモデルの適用

1) 調査概要

モデルを北九州市役所に通勤する高速道路利用者に対して適用する。適用にあたり、交通混雑による非効用 D_2 と遅刻による非効用 D_3 を求めるため、過去行ったアンケート調査をもとに、高速道路利用者が主に利用するインターを割り出し、5つのインターに観測区間を設け、自動車の走行速度を観測した。観測に関しては、朝・夕のラッシュ時間帯(7:00~8:30, 17:00~18:30)に、各観測点を通過する自動車のナンバープレートと通過時刻を調査用紙に記録するという手法をとった。後に、区間ごとにナンバープレートと通過時刻の照合を行い、4区間における5分刻みの自動車走行速度の平均と標準偏差を算出した。

2) 非効用の計算

通勤者の出勤・退勤時の交通所要時間 t_n, t'_n は下記のように表す。

$$t_n = \sum t_i + t_t + t_{eg} \quad (6)$$

$$t'_n = \sum t'_i + t_w + t_{ac} \quad (7)$$

$\sum t_i, \sum t'_i$: 自宅から駐車場までの所要時間

t_t, t_w : 駐車場で要する時間

t_{eg}, t_{ac} : 駐車場～市役所間の「グリス、アクセス」の所要時間

ここで t_i, t'_i については、調査により観測したそれぞれの区間平均速度を適用し、各人の自宅から駐車場までの所要時間を計算する。また高速道路以外の一般道などに対しては以前観測した速度を適用する。 t_t について、今回は定数として3分の所要時間を設けた。 t_{eg}, t_{ac} については観測した通勤者の平均歩行速度を用いた。

まず、非効用 D_2 は式(2)のように遅刻確率 α の関数で表されているが、通勤者の遅刻によるペナルティを1とし、それを尺度に他の非効用を表すことにすれば、非効用 D_2 は遅刻確率そのもので表すことができる。遅刻確率 α は次式を用いて算出する。

$$\alpha = \int_{t_c}^{\infty} \phi_n(\tau|t_d) d\tau = \int_{t_c}^{\infty} \phi_n(\tau - t_d) d\tau \quad (8)$$

ここで、 t_c : 指定始業時刻、 $\phi_n(\tau|t_d)$: t_d を条件とする t_n の確率密度関数である。

所要時間の PDF は観測した速度の確率変動を用いて式(6),(7)より3回のたたみ込み積分を行うことで求める。非効用 D_2 に関しては観測した速度の平均を式(6),(7)に直接導入し、変動は考慮しない。

3) パラメータの推定

モデルに基づいて、閾値 t_a, t_b を導入した正規分布の平均と標準偏差を含めた、出・退勤時のパラメータに初期値を与えて、最適出勤・退勤時刻それぞれの理論値を計算し、実測値との二乗誤差が最小になるようにパラメータの値を変化させながら推定した。今回の推定結果を表-1に示す。パラメータの値は以前推定した一般道路利用者とはほぼ同じであった。得られたパラメータを用いて算出した理論値と実測値の比較を図-2, 図-3に示す。出・退勤時共に、実測した時刻分布と計算で得られた時刻分布の適合度は、K-S検定で有意水準20%の程度である。

表-1 パラメータの推定結果

出勤	A ₁	μ_{t_a}	σ_{t_a}	A ₂	v_0	β
高速道路	0.5	7.55	0.1	0.003	38.5	2.0
一般道路	0.5	7.49	0.1	0.003	38.5	2.0
退勤	A ₃	μ_{t_a}	σ_{t_a}	B ₂		
高速道路	0.99	18.35	0.38	0.5		
一般道路	0.99	18.35	0.38	0.5		

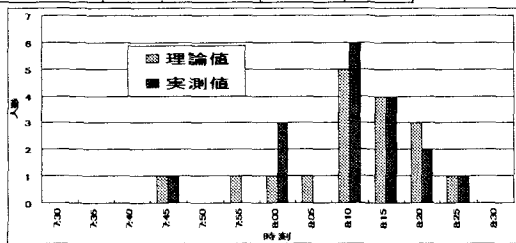


図-2 出勤時刻分布

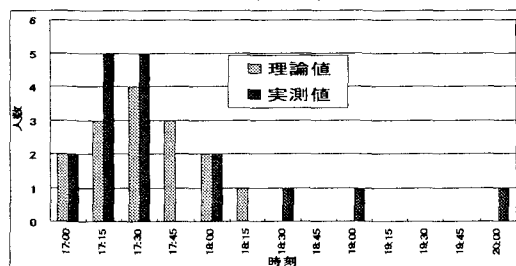


図-3 退勤時刻分布

4. 結論

本研究では、既に提案した、道路混雑の影響を考慮した自動車通勤者の出・退勤時刻決定モデルを高速道路利用者の行動に適用することを試みた。その結果、高速道路利用者の出勤、退勤行動を良好に再現できた。今後の課題としては、自動車通勤者に対して一般道路と高速道路の交通機関選択モデルを構築することが必要であると考えられる。