

通勤交通における出・退勤時刻の同時決定モデルに関する研究

九州大学工学部	地球環境工学科	学生会員	○樋口 尚弘
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	大枝 良直
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交通混雑を解消するために、交通需要管理施策が検討されているが、その施策の効果を高めるためには、通勤行動を把握する必要がある。通常、通勤行動の研究では、出勤のみを取り扱ったものが多いが、本研究では、時間領域において、出勤行動と帰宅行動の双方を考慮したうえで、出勤と退勤とを同時に表現した出・退勤時刻決定モデルを構築しようとするものである。

2. 出・退勤時刻決定行動のモデル化

①非効用関数の仮定

ある人が、出勤時刻（及び退勤時刻）を決定する際に考慮する要因としては、所要時間、始業時刻、終業時刻などが考えられる。特に、通勤交通は始業時刻と終業時刻が指定され、時間的拘束を受けるといえる。今回、出勤と退勤を一体化して考え、自宅出発時刻、帰宅時刻、始業時刻、終業時刻に対して、次のような非効用関数を仮定した。

1)  $D_1$  : 自宅出発時刻が早くなることの非効用

早く出発するほど非効用は大きいと考え、次式を仮定した。しかし、ある程度以上出発時刻が遅くなると、 $D_1$  はあまり意識されなくなると考え、その時刻を閾値  $t_a$  とした。

$$D_1 = \begin{cases} -A_1(t_a - t) & (t_a \geq t) \\ 0 & (t_a < t) \end{cases} \dots\dots (1)$$

ここで、 $t_a$  : 自宅出発時刻、 $t_a$  :  $D_1$  の閾値

2)  $D_2$  : 遅刻による非効用

遅刻に対してペナルティがあるため、遅刻はできるだけ避けたいという考えを人は持つ。そして、自宅出発時刻が遅いほど、遅刻確率が大きく、非効用は大きいと考え、次式で仮定した。

$$D_2 = \exp(B_1 t) \dots\dots (2)$$

3)  $D_3$  : 残業による非効用

残業があると、人はすぐには帰宅できない。退勤時刻が遅いほど残った仕事の量が減り、非効用は小

さいと考え、次式で仮定した。

$$D_3 = \exp(-B_2 t) \dots\dots (3)$$

ここで、 $t_b$  : 退勤時刻

4)  $D_4$  : 帰宅時刻が遅くなることの非効用

帰宅時刻が遅くなるほど非効用は大きいと考え、次式で仮定した。また、 $D_1$  と同様に、 $D_4$  が意識されない時刻を閾値  $t_b$  とした。

$$D_4 = \begin{cases} A_2(t_b - t) & (t_b \geq t) \\ 0 & (t_b < t) \end{cases} \dots\dots (4)$$

ここで、 $t_b$  : 帰宅時刻、 $t_b$  :  $D_4$  の閾値

また、 $A_1, A_2, B_1, B_2$  : 正のパラメータを示す。

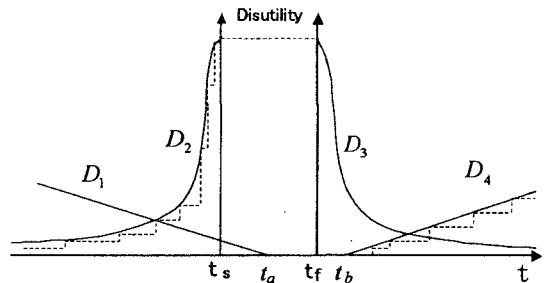


図-1 出・退勤時刻決定モデル図

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。そして、始業時刻を  $t_s$ 、終業時刻を  $t_f$  において、軸の左側が出勤時、右側が退勤時を表現している。そして、出勤時の最大非効用と退勤時の最大非効用を等しい一定値と扱うことによって、出勤時と退勤時を同時に捉えることにしている。そして、人は出勤・退勤時において、それぞれの非効用の和が最小となるように出・退勤時刻を決定すると仮定する。つまり、出勤時には  $D_1$  と  $D_2$  の和、退勤時には  $D_3$  と  $D_4$  の和が最小となるように出・退勤時刻を決定しようとするものである。また、 $D_2$  と  $D_4$  の非効用は、今回、定時運行性のある公共交通機関利用者（鉄道）を対

象としているので、ある便に乗り遅れると次の便まで待たされることになるため、その非効用は離散的な値となり、図-1の点線のように階段状に上昇していくことになる。

### 3. 北九州市域における通勤交通への適用

#### ①調査データ

モデルを北九州市役所に通勤する職員において適用する。適用にあたり、職員の出勤、退勤時刻の観測及びアンケート調査を行った。アンケート調査は平成13年10月17日(木)午前7時30分から9時までと午後4時30分から10時まで行い、内容は、調査当日の自宅～市役所間の交通手段、自宅出発時刻、予定帰宅時刻、個人属性などで、調査は朝の出勤時にアンケート用紙を配布し、夜の退勤時に回収するという方法で行った。アンケートの総数は545枚であった。

#### ②調査データの利用

今回の数値計算では、モデルにおける $t_d$ 、 $t_h$ の最適自宅出発(帰宅)時刻を求める代わりに、職場の最寄り駅の最適到着(出発)時刻を求める。そのために、次式のように換算することによって、時刻表から得られる駅到着(出発)時刻を基に、自宅出発時刻・帰宅時刻を算出する。

$$t_d = t_{in} - t_n = t'_{in} + t'_n - t_n \quad \dots \dots (5)$$

$$t_h = t_{out} + t_n = t'_{out} - t'_n + t_n \quad \dots \dots (6)$$

ここで、 $t_{in}$  : 出勤時刻、 $t_{out}$  : 退勤時刻、 $t'_{in}$ 、 $t'_{out}$  : 職場の最寄り駅到着(出発)時刻、 $t_n$  : 自宅～市役所間の所要時間、 $t'_n$  : 職場～駅間の所要時間

それにより、出勤・退勤のそれぞれにおいて、非効用の和が最小となる駅到着(出発)時刻を時刻表から求め、それにそれぞれの駅から職場までの所要時間分布を合わせることによって、最適出・退勤時刻を決定する。ここで、駅から市役所までの所要時間を求めるために、出勤・退勤時の歩行速度の分布を観測し、その歩行速度と駅から市役所までの距離から所要時間を算出した。歩行速度の観測は、それぞれ80mの区間を通行する通勤者56名及び68名に対して、その所要時間を計測して歩行速度を求めた。得られた観測結果は、出勤時が平均1.39[m/s]、標準偏差0.13の分布、退勤時が平均1.30[m/s]、標準

偏差0.12の分布であった。

#### ③パラメータの推定

出・退勤時刻決定モデルを公共交通機関(鉄道)利用者に適用し、その決定時刻の差異を検討する。以上のモデルに基づいて、 $t_a$ 、 $B_2$ には個人差を導入し、 $t_a$ は正規分布、 $B_2$ は対数正規分布と仮定した。そして、その平均と標準偏差を含めた8個のパラメータに初期値を与えて、理論値を計算し、観測分布との $\chi^2$ 値が最小となるようにパラメータの値を変化させながら推定した。推定結果として、 $A_1=0.31$ 、 $A_2=0.13$ 、 $B_1=1.02$ 、 $t_b=6.21$ 、 $\mu_{t_a}=7.49$ 、 $\mu_{B_2}=-2.15$ 、 $\sigma_{t_a}=0.10$ 、 $\sigma_{B_2}=1.0$ 、が得られた。図-2に出勤時刻分布、図-3に退勤時刻分布をそれぞれ理論値と実測値で示す。

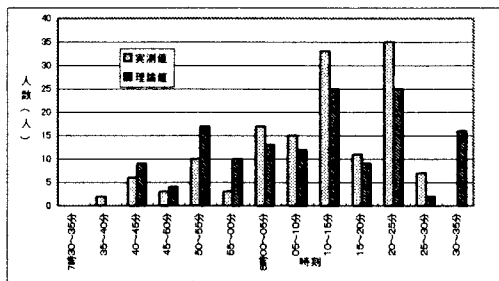


図-2 出勤時刻分布

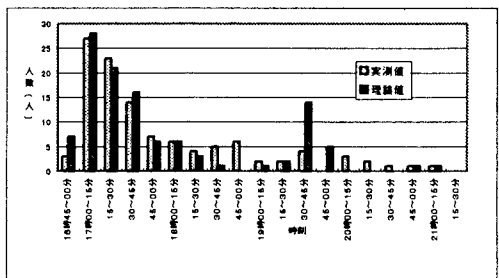


図-3 退勤時刻分布

### 4. 考察および今後の課題

本研究では、公共交通機関利用者の通勤交通の時間領域での行動を記述するモデルを作成し、北九州市域において適用を行った。分析の結果、公共交通機関を利用する通勤目的の人々の出勤・退勤行動を概ね表現することができた。今後の課題としては、渋滞の影響を考慮し、公共交通機関以外の自動車通勤やバス通勤などを踏まえたモデルへの拡張が必要であると考えられる。