

A model of commuting travel model choice with consideration
of comfortableness and parking cost *

柳原守**・李強***・大枝良直****・角知憲****

By Mamoru YANAGIHARA**・Qiang LI***・Yoshinao OOEDA****・Tomonori SUMI****

1. はじめに

都心部における通勤時間帯の交通混雑を軽減するための対策の一つとして、通勤者が自家用車から公共交通への転換を促進する必要がある。そのため、通勤交通機関選択行動の特性を十分に把握しなければならない。今までの通勤交通機関選択行動に関する研究では、単純に交通機関と利用者の特性を考慮したものが多く、通勤者は指定された始業時刻と終業時刻に応じて、出勤のみならず、退勤時の状況も考慮して、一日サイクルの中で交通機関選択行動を行うという視点に基づいた研究というのはあまり行われていない。そこで、本研究では、通勤交通を出勤と退勤の一連の行動として捉え、出・退勤時における様々な要因を考慮した上で、交通機関選択モデルの構築を目的とする。なお、鉄道は路上状況の影響を受けず、定時運行性を持つので、通勤者は鉄道が利用できる場合は鉄道を利用することが多いため、本研究では、鉄道を利用できない地域に限って、バス利用者及び自動車利用者を対象とし、提出したモデルの適合性を検討する。

2. 出・退勤時刻決定行動のモデル化

通勤者は、指定された始業時刻と終業時刻にしたがって一日の行動を行うと考えられ、通勤者の交通機関選択行動を把握する前に、通勤者がどのように出・退勤時刻を決定するかのを解明する必要がある。

*キーワード：交通手段選択，交通行動分析

**学生会員 九州大学大学院 工学部

(〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

TEL:092-642-3275 FAX:092-642-3306

***正会員，工修，九州大学大学院 工学研究院

****正会員，工博，九州大学大学院 工学研究院

通勤者の出・退勤時刻決定行動については、既に他の論文に詳しく述べており、ここには概略的に説明する。

(1) 通勤交通における非効用関数の仮定

通勤交通を、朝の自宅出発から晩の帰宅までの一日サイクルの中に、通勤交通における非効用関数を次のように仮定した。

(a) 自宅を早く出発することによる非効用 D_1

自宅を早く出発することによる非効用 D_1 は、自宅を早く出発するほど大きくなると考え、次式で仮定した。

$$D_1 = -A_1(t_d - t_a) \dots \dots \dots (1)$$

t_d : 自宅出発時刻 A_1 : 正のパラメータ

t_a : D_1 の弁別閾に対応する時刻

(b) 遅刻による非効用 D_2

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人は考える。そこで、遅刻による非効用 D_2 を遅刻確率の関数として、次式で仮定した。遅刻確率は、自宅出発時刻が遅いほど増加する。

$$D_2 = F(\alpha) \dots \dots \dots (2)$$

α : 遅刻確率

(c) 交通混雑による非効用 D_3 (自動車利用者のみ)

自分が運転する自動車利用者は、混雑する道路を通行する場合、疲労感、焦燥感などを感じると考えられ、交通混雑による非効用は次式で仮定した。

$$D_3 = A_2(v_i / v_o)^{-\varepsilon} \cdot l_n \dots \dots \dots (3)$$

v_i : 区間平均速度 v_o : 走行速度の下限

l_n : 区間距離 A_2, ε : 正のパラメータ

(d) 退出を急ぐことの非効用 D_4

終業時刻を迎えてから、帰り支度まで、早く退出することに非効用を想定して、次式で仮定した。

$$D_4 = n \cdot \exp(-B_2 \cdot t_{out}) \dots \dots \dots (4)$$

t_{out} : 退勤時刻 n, B_2 : 正のパラメータ

(e) 帰宅時刻が遅くなることによる非効用 D_5

帰宅時刻が遅くなることによる非効用 D_5 は、帰宅時刻が遅くなるほど大きくなると考え、次式で仮定した。また、 D_1 と同様に、 D_5 が意識されない時刻を t_b とした。

$$D_5 = A_5(t_h - t_b) \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{このとき, } t_h = t_{out} + t_n \dots\dots\dots (6)$$

t_h : 帰宅時刻 t_b : D_5 の弁別閾に対応する時刻

t_n : 自宅～職場間の所要時間 A_2 : 正のパラメータ

(f) 通勤交通における総非効用 D_m

上記の仮定に基づいて、出勤時と退勤時の非効用をあわせて、通勤交通における総非効用 D_m は次式で表される。

$$D_m = D_1 + \min(D_2, D_3) + D_4 + D_5 \dots\dots\dots (7)$$

(2) 出・退勤時における時刻決定モデル

図 - 1 は、人の出・退勤時における時刻決定行動を示すものである。ここで、横軸に時刻、縦軸に非効用を表す。始業時刻を t_s 、終業時刻を t_r とおいて、軸の左側が出勤時、右側が退勤時と表現することができる。人は出・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最適な自宅出発時刻 t_d と、帰宅時刻 t_{out} を決定すると考えられる。ここで自動車利用者については、遅刻を避けると同時に、交通混雑を避けるよう行動すると考えられるので、 t_{d1} と t_{d2} のどちらか時間が早い方の値を最適な自宅出発時刻 t_d として採用する。つまり、出勤時には D_1 と $\min(D_2, D_3)$ との和、退勤時には D_4 と D_5 の和が最小となるように自宅出発時刻 t'_d 、帰宅時刻 t'_h を決定しようとするものである。

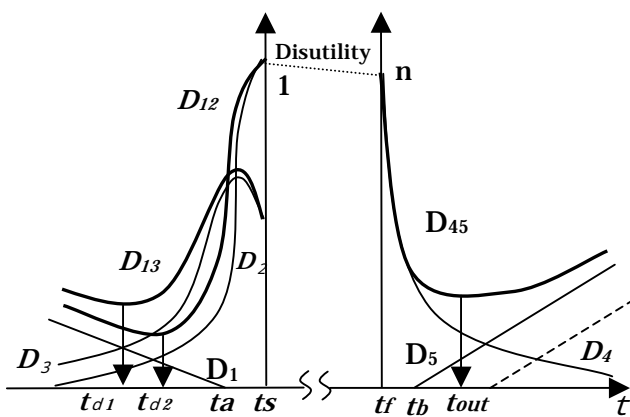


図 - 1 出・退勤時における時刻決定モデル

3. 乗り心地と駐車料金を考慮した交通機関選択

提案した出・退勤時刻決定モデルに基づいて、始業時刻と終業時刻の制約による非効用以外の、交通機関選択に影響を及ぼす要因を加えて、通勤者の交通機関選択モデルを作成する。通勤者が公共交通機関を利用する場合、通勤手当が支給されるケースが多く、料金の影響をモデルに組み込むことの意義は経験的に大きくないが、自動車通勤においては、有料駐車場を利用する場合に、駐車料金を非効用を感じると考えられる。そこで、本研究では、交通機関選択行動の支配要因として、徒歩時間と乗車時間の質（乗心地）と駐車料金を想定して、バス通勤と自動車通勤に対し、次のような非効用 β_{bus} と β_{car} を追加する。

$$\beta_{bus} = \gamma_1 \cdot t_r + \delta_1 \cdot (t_{ac} + t_{eg}) \dots\dots\dots (8)$$

t_{ac}, t_{eg} : アクセスとイグレスに要する歩行時間

t_r : 乗車時間 γ_1, δ_1 : 正のパラメータ

$$\beta_{car} = \gamma_2 \cdot t_r + \delta_2 \cdot t_w + \omega \cdot R \dots\dots\dots (9)$$

t_w : 駐車場～職場に要する歩行時間

R : 駐車料金 $\gamma_2, \delta_2, \omega$: 正のパラメータ

これらの非効用を時刻決定モデルで求められる通勤行動の総非効用 D_m に加えると、それぞれ式 (10)、式 (11) となる。

$$D_{(bus)m'} = D_1 + D_2 + D_4 + D_5 + \beta_{bus} \dots\dots\dots (10)$$

$$D_{(car)m'} = D_1 + \min(D_2, D_3) + D_4 + D_5 + \beta_{car} \dots\dots\dots (11)$$

通勤者は、通勤行動に関する総非効用 D_m' が最小となるように交通手段を選択すると仮定すれば、次式を用いて、交通手段 i を選択する確率が求められる。

$$P_i = \int_0^{\infty} \phi_{D_{im}}(D_{im}) \int_{D_m}^{\infty} \phi_{D_{jm}}(D_{jm}) dD_{im} dD_{jm} \dots\dots\dots (12)$$

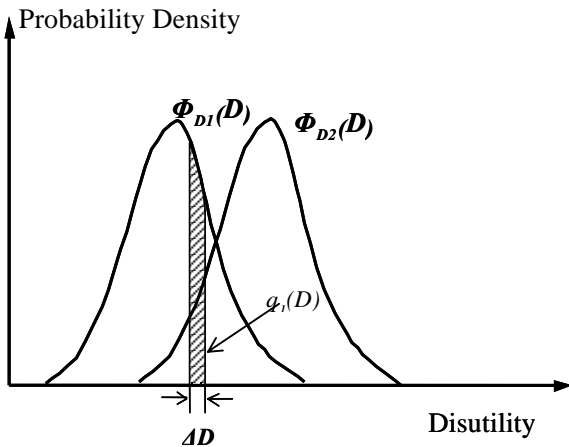


図 2 交通機関選択モデル

4. 北九州市域におけるモデルの適用

(1) 調査概要

提案した時刻決定モデルと交通機関選択モデルを実際の通勤行動に適用するため、北九州市役所の職員を対象とし、出・退勤時刻の観測とアンケート調査を行った。また、路線バス、自動車共に路上状態により所要時間は大きく変動する。従って、自宅から職場までの総所要時間の確率変動を考慮し、自宅出発時刻から出・退勤時刻を推定するため、走行速度の確率変動に基づいて、乗車時間を求める必要がある。そのため、アンケートの分析結果より、バスと自動車の通勤者の主要3経路を選出し、出・退勤時間帯(7:00~8:30, 17:00~18:30)におけるバスと自動車の走行速度の観測し、それに基づいて、5分刻みの速度の平均と、標準偏差を求めた。

バス通勤者における、自宅から最寄りのバス停までのアクセス、市役所最寄りのバス停から市役所までのイグレス、及び自動車通勤者における、駐車場から市役所間のイグレスは全員徒歩で移動していると仮定し、通勤者の歩行速度観測を行った。観測の結果より、歩行速度は出勤時が平均1.39 m/s、標準偏差0.13、退勤時が平均1.30 m/s、標準偏差0.12の分布であった。

(2) 出・退勤時刻決定モデルの適用結果

調査で得られたデータを用いて、通勤者が異なる交通手段を利用する際の出・退勤時刻決定モデルの

キャリブレーションを行ったその際、通勤者の行動にはばらつきが生じるため、非効用 D_1 と D_5 の弁別閾 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。また、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、出勤時の遅刻による非効用 D_2 は、遅刻確率そのもので表すことができると考えた。 D_4 のパラメータ n については、通勤者の出勤時及び退勤時における行動を別々に取り扱い、ある特定の交通手段利用者の出・退勤時刻のみを決定する際には、このパラメータに触れる必要がない。パラメータの推定結果を表-1, 表-2に示す。

表-1 パラメータ推定結果(出勤)

出勤	A_1	taの平均	標準偏差	A_2	v_0	
鉄道	0.55	7.58	0.27			
バス	0.54	7.50	0.24			
自動車	0.50	7.57	0.10	0.003	38.5	2.0

表-2 パラメータ推定結果(退勤)

退勤	A_3	B_2	taの平均	標準偏差
鉄道	0.69	0.74	6.28	0.77
バス	0.70	0.86	6.18	0.64
自動車	0.99	0.50	6.30	0.38

(3) 交通機関選択モデルのパラメータ推定

まず、出・退勤時刻決定モデルにより推定したパラメータを用いて、バス利用者と自動車利用者及び退勤時の非効用を算出することができる。ここで退勤時の非効用 D_4 に関するパラメータ n は、通勤者の一日サイクルの中で出勤時に対する退勤時の重みを意味しており、その値には、著者等が以前に行った公共交通機関選択に関する研究で求めた結果を用いた。なお、バス利用者のパラメータ γ_1, δ_1 については、公共交通機関選択モデルによって既に得られている⁴⁾。したがって、今回、自動車利用者の行動を表す $\gamma_2, \delta_2, \omega$ の3つのパラメータが、求めるべきパラメータとなる。

未知パラメータに初期値を与え、式(10), 式(11)に代入することで、通勤者がバスあるいは自動車を利用する際のそれぞれの非効用 $D_{(bus)m}$ の分布と $D_{(car)m}$ の分布が算出できる。それを、対象と

する通勤者全員について、式(12)を用いて計算される選択確率が、実際の選択結果と比較し、的中率と尤度比を計算し、この2つが最も高くなるようにパラメータ γ_2 , δ_2 , ω の値を変動させながら推定した。このとき、通勤者が実際に利用した交通機関の所要時間は既知のデータより直接に算出することができるが、代替モードとする交通機関の非効用はある仮定を基に推定する必要がある。そこで、代替モードがバスの場合には、自宅の最寄りのバス停から乗車し、最も市役所に近いバス停で降車すると仮定し、代替モードが自動車の場合には、自宅から最寄り的大通りまで出て、その後は最短経路で市役所付近の駐車場に行くものと仮定した。

推定したパラメータの結果を表-3に示す。得られた結果より、 γ と δ の値は、自動車よりバスのほうが大きくなっていくことが分かる。つまり、通勤者は、バス利用時には歩行時間と乗車時間に被る非効用が大きく、自動車利用時には駐車料金を被る非効用が大きい。

得られた γ_2 , δ_2 , ω を用いたバス利用者と自動車利用者それぞれの選択理論値を実測値と併せて、表-4に示す。バス通勤者の的中率は77.8%、自動車通勤者の的中率は50.0%で、全体で70.0%の的中率であったことから、決して適用性が高い交通機関選択モデルを作成することができたとはいえない。

表-3 パラメータの推定結果

	n			
バス	0.2	1.35	2.44	
自動車		0.77	2.31	1.01

表-4 交通機関選択の結果

	人数 (人)	算出した バス利用者	算出した 自動車利用者
実際のバス利用者	36	28	8
実際の自動車利用者	14	7	7

4. 考察および結論

本研究では、通勤交通における出勤と退勤の双方を考慮した時間領域での行動を記述するモデルを作成した。そのモデルを北九州市域に適用したところ、

バスと自動車を利用する人々の出勤、退勤行動を概ね再現することができた。

また、徒歩時間と乗車時間の質、さらに駐車料金を交通機関選択の支配要因として、提案した出・退勤時刻決定モデルに加え、交通機関選択モデルの作成を行った。このモデルを北九州市役所職員のバス利用者と自動車利用者の選択行動に適用したが、高い精度の結果を得ることができなかった。今回、精度があまり上がらなかった原因の一つとしては、サンプル数が少なかったことが挙げられる。特に、自動車利用者はサンプル数が14人と少なかったため、的中率が低くなってしまったのではないかと考えられる。

本研究により、提案したモデルに各交通機関の運行特性に関する様々な要因を加え、モデルをさらに拡張することによって、運行サービスの改善に対する通勤者の出・退勤行動の変化を予測することやTDM施策に対する効果評価などのことができると考えられる。

謝辞

本研究は、文部科学省の科研費の助成により実施された(平成13-15年度の基盤研究C-2:13650587)。ここに記して深謝いたします。

参考文献

- 1) 飯田恭敬, 柳沢吉保, 内田敬: 通勤者の出発時刻と経路を考慮した機関選択に関する行動分析, 土木計画学研究・講演集, No.17, pp.441-444, 1995
- 2) 加藤文教, 門田博知, 入口康幸: 出勤行動に着目した渋滞対策の選択性向の分析, 日本都市計画学会学術研究論文集, Vol.25, pp.97-102, 1990
- 3) 家田仁, 土谷和之, ファンレビン, 岡村敏之: 大都市圏鉄道需要の時刻集中特性予測モデルの構築と首都圏鉄道ネットワークへの適用, 土木学会論文集, No.702/ -55, pp.65-79, 2002.4
- 4) 李強, 樋口尚弘, 柳原守, 大枝良直, 角知憲: 通勤者の出・退勤時刻決定行動に基づいた公共交通機関選択モデルに関する研究,