

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*

A Travel Mode Choice Model of the Commuters on Mass Transits
Based on Their Decision Behaviors of Time to and from Work *

李 強**, 樋口 尚弘***, 柳原 守****, 大枝 良直*****, 角 知憲*****

By Qiang LI · Takahiro HIGUCHI · Mamoru YANAGIHARA · Yoshinao OOEDA · Tomonori SUMI

1. はじめに

近年、都市における交通混雑の緩和に交通需要管理 (TDM) の役割が注目を集めるようになってきた。自動車交通の抑制と公共交通利用の促進を狙う様々な施策が各地で積極的に試みられている¹⁾。ある場合はTDM施策の効果が認められたと報告されているが、別の場合は必ずしも成功していないものがある。それに関してはいくつかの原因が挙げられているが²⁾、TDMに関する社会実験の策定において、人の行動動機を十分に捉え切れていないことも考えられる。

通勤交通では、始業時刻と終業時刻が指定されており、通勤者はこの制約にしたがって一日サイクルの中で行動を行うため、通勤交通を捉えるうえでは、出勤時と退勤時における各要因を両方と考慮する必要がある。しかし、従来から、指定された始業時刻に遅刻しないよう、通勤者がそれぞれの交通手段、経路を利用した場合に予想される所要時間や信頼性を考慮して最適交通手段、経路そして出発時刻を決定すると考え、出勤に関する諸要因を強調された研究は数多く行われているが^{3) - 6)}など、出勤時刻と同じく指定された退勤時刻や通勤者の仕事後の自由活动などを実際に通勤交通行動に影響を及ぼす要因として考慮に入れているものは少ない。近年、Activity-based Approachを用い、通勤者の一日を通じた行動をモデル化する研究^{7) - 9)}、や時差通勤、フレックスタイム制度などの効果評価に関する研究^{10), 11)}に退社時刻あるいは自宅帰着時刻を考慮したケースが増えてきたが、通勤者の出・退勤行動及び交通手段選択行動を日常生活サイクルの中でトータルに把握する研究はほとんど挙げられない。

そこで、本研究では、明確な時間制約のある通勤交通に対して、通勤者の時間に対する認識に基づいた出・退勤時刻決定モデルを提案し、さらに、通勤交通手段選択行動を明示的に表現できるモデルを作成することを目的

*キーワード：公共交通運用，TDM，交通行動分析

**正会員，工修，九州大学大学院，助手

(〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

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

***学生会員，九州大学大学院，工学府

****学生会員，九州大学，工学部

*****正会員，工博，九州大学大学院，助教授

*****正会員，工博，九州大学大学院，教授

とする。なお、自動車通勤者は交通のために費やす時間以外は、交通混雑に伴う不愉快、運転の労力、走行上の危険性の増大などもろもろの不利益を避けようとして行動し、異なるモデルで表現すべきであると考えられるので¹²⁾、本研究では、公共交通利用者の出・退勤時刻決定行動に基づき、交通機関選択モデルの作成を試みる。

2. 出・退勤時刻決定行動のモデル

(1) 通勤交通における非効用関数の仮定

本研究は、著者らが日帰りレクリエーション交通や長距離業務交通に関する研究に用いた自宅を早く出発すること及び自宅に遅く帰着することによる非効用 D_1 と D_4 のほか^{13), 14)}、出勤時の遅刻及び退勤を急ぐことによる非効用 D_2 と D_3 を加えて、通勤者が始業時刻と終業時刻の制約に応じて出勤時及び退勤時の行動に影響を及ぼすそれぞれの非効用を次の関数で仮定した。

(a) 自宅を早く出発することによる非効用 D_1

出勤時には、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られる。ところが、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。そこで、 D_1 の弁別閾に対応する時刻を t_a として、次式を仮定した。

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

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) 出勤時の遅刻による非効用 D_2

指定された始業時刻より職場に遅く到着すると有形無形のペナルティがあるため、通勤者はなるべく遅刻しないように行動していると考えられる。通勤者の自宅出発時刻を t_d 、出勤時刻を t_m とすると、 t_d と t_m の間に次の関係がある。

$$t_m = t_d + t_n \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 t_n は交通所要時間であり、確率変動を有することを考慮すれば、ある確定値 t_n に対しても t_n は確率量である。 $\phi_{t_n}(t)$ を所要時間のPDF、 $\phi_{t_m}(t|t_d)$ を自宅出発

時刻 t_d を条件とする出勤時刻の分布とすると、

$$\phi_{i_n}(t|t_d) = \phi_{i_n}(t - t_d) \dots\dots\dots (3)$$

である。したがって、出発時刻を t_d に選んだ時の遅刻確率は式(4)で表される。

$$\alpha = f(t_d) = \int_s \phi_{i_n}(\tau|t_d) d\tau \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 α ：遅刻確率、 t_d ：自宅出発時刻、 t_s ：指定された始業時刻、 t_{in} ：職場到着時刻、 $\phi_{i_n}(\tau|t_d)$ ： t_d を条件とする t_{in} の確率密度関数である。

特定の交通手段について、遅刻確率と自宅出発時刻の単調性を仮定すれば、出勤時の遅刻によって被る有形無形のペナルティを非効用 D_2 で表すと、

$$D_2 = F(\alpha) \dots\dots\dots (5)$$

である。

(c) 終業後の退勤を急ぐことの非効用 D_3

退勤時において、終業時刻をむかえても、退出には一定の準備が必要であるため、ある程度の所要時間がかかる。また、通勤者全員が一斉に退勤するとは考えられず、自然とばらつきが生じるはずである。そこで、形式上終業後の退勤を急ぐことに非効用 D_3 を想定して、次式で仮定した。

$$D_3 = n \cdot \exp(-B_2 \cdot t_{out}) \dots\dots\dots (6)$$

t_{out} ：退勤時刻 n, B_2 ：正のパラメータ

(d) 自宅に遅く帰着することによる非効用 D_4

自宅に遅く帰着することによる非効用 D_4 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。さらに、出勤時の非効用 D_1 の弁別閾 t_a と同様に、退勤時の非効用 D_4 が意識されない時刻の閾値を t_b とした。

$$D_4 = A_2(t_h - t_b) \dots\dots\dots (7)$$

t_h ：自宅帰着時刻 t_b ： D_4 の弁別閾に対応する時刻

A_2 ：正のパラメータ

このとき、自宅帰着時刻 t_h と退勤時刻 t_{out} の間には、次の関係がある。

$$t_h = t_{out} + t_n' \dots\dots\dots (8)$$

t_n' の確率変動を考慮すれば、ある確定値 t_{out} に対して t_h は確率量である。

$$\phi_{i_n}(t|t_{out}) = \phi_{i_n}(t - t_{out}) \dots\dots\dots (9)$$

t_n' ：退勤時の自宅～職場間の所要時間

$\phi_{i_n}(t|t_{out})$ ： t_{out} を条件とする t_h の確率密度関数

(e) 通勤交通における総非効用 D_m

以上に仮定した出勤時と退勤時の非効用を用い、通勤交通における総非効用 D_m は、次式で表すことができる。

$$D_m = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 \dots\dots\dots (10)$$

通勤者の行動にはばらつきが生じる。出・退勤時における時刻決定モデルにばらつき個人差を表現するため、非効用 D_1 と D_4 の弁別閾 t_a と t_b を確率変動が有するものとする。

(2) 出・退勤時における時刻決定モデル

(a) 時刻決定モデルの基本構造

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。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 において、図の左側が出勤時、右側が退勤時と表現することができる。基本的に、図に示すように、通勤者は出勤時、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自宅出発時刻、自宅帰着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 との和、退勤時には D_3 と D_4 の和が最小となるように自宅出発時刻、自宅帰着時刻を決定しようとするものである。

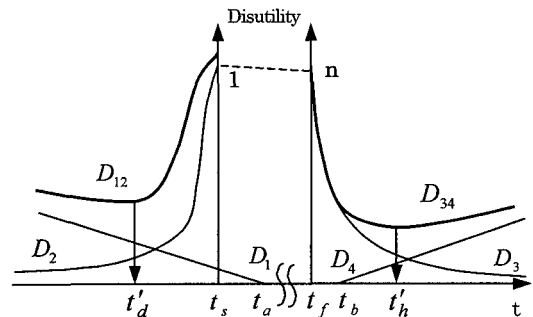


図-1 出・退勤時における時刻決定モデル

ここで、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、他の非効用は、同じくこのペナルティに換算して表すことになる。この考え方を基に、本研究では、非効用 D_2 を遅刻確率で表すとする。

また、出勤時の遅刻による非効用を1とすることによって、退勤時の非効用 D_3 のパラメータ 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計る意味を持つ。ある特定の交通機関、もしくは鉄道とバス

のような異なる交通機関に関らず、出勤時と退勤時において有意な相違がある交通サービスが通勤者の選択行動を左右する場合には、 n は推定すべきパラメータであるが、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。

公共交通機関の速度、定時性、運行頻度及び設定された運行時刻などは交通モードによって大きく異なる。通勤者は、交通機関の運行特性を考慮して出・退勤時刻を決める。時刻表通り運行できる都市鉄道などの定時性がある交通機関の場合、通勤者は、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。そのため、アクセスとイグレスの所要時間の変動がそれほど大きくない場合には、 D_2 と D_4 の非効用は、離散的な値となり階段状に上昇していくことになる。すると、定時性のある交通機関における通勤者の出・退勤時刻決定モデルは図-1 から図-2 の出勤時最適駅到着時刻と図-3 の退勤時最適駅出発時刻の決定モデルに変形することになる。

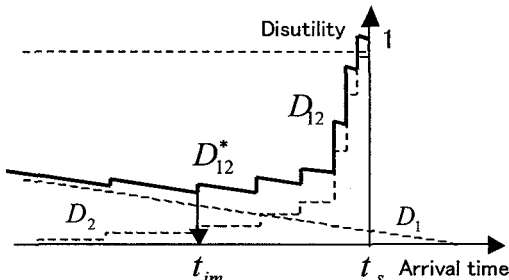


図-2 駅到着時刻決定モデル

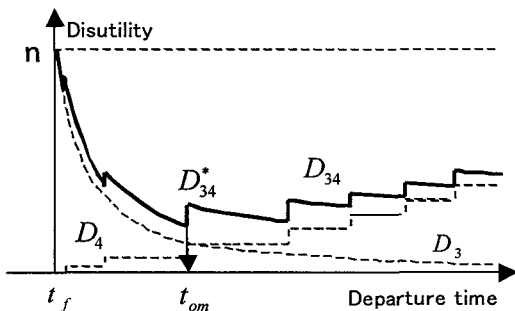


図-3 駅出発時刻決定モデル

(b) 所要時間の確率密度関数の計算

出勤時の所要時間 t_n は、式 (11) に示すようにアクセスとイグレスの所要時間 t_{ac} , t_{eg} , 待ち時間 t_w , 乗車時間 t_r などで構成され、おのおのを加算することにより推定できる。同様に、退勤時の所要時間 t_n は、式 (12) によって求められる。

$$t_n = t_{ac} + t_w + t_r + t_{eg} \quad (11)$$

$$t_n' = t_{ac}' + t_w' + t_r' + t_{eg}' \quad (12)$$

したがって、所要時間 t_n あるいは t_n' の PDF の計算には、4 回のたたみ込み積分を行うことになる。

路線バスのような交通機関は、運行スケジュールが決められているものが、路上状況により、所要時間が大きく変動する。したがって、乗車時間 t_r と t_r' は、交通機関の運行時間帯および運行路線に依存する走行速度の確率変動に基づいて求める必要がある。

3. 公共交通機関選択モデル

提案した出・退勤時刻決定モデルは、始業時刻と終業時刻の制約による非効用のみを考慮したものであるが、料金や人の好みなどの交通機関選択に影響を及ぼす要因は他もある。ただし、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。そこで、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）を想定して、次のような非効用 β_i を追加した。

$$\beta_i = \gamma_i \cdot t_{(i)r} + \delta_i (t_{(i)ac} + t_{(i)eg}) \quad (13)$$

ここで、 $t_{(i)r}$, $t_{(i)ac}$ と $t_{(i)eg}$ は交通機関 i を利用する際の乗車時間、アクセスとイグレスに要する時間であり、出勤・退勤を通じて異なる交通手段を利用した通勤者を除いたため、往路もしくは復路におけるいずれかの所要時間を用いた。 γ_i , δ_i は正のパラメータである。

したがって、それ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、式 (14) となる。

$$D_m = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + \gamma_i \cdot t_{(i)r} + \delta_i (t_{(i)ac} + t_{(i)eg}) \quad (14)$$

すると、通勤者は、 N 個の利用可能な交通機関のうち、通勤行動に関する総非効用 D_m' が最小となる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。

$$P_i = \int_{-\infty}^{\infty} D_{im}'(x) \prod_{j=1}^N \int_x^{\infty} D_{jm}'(y) dy dx \quad (15)$$

4. 北九州市域におけるモデルの適用

(1) 利用データと調査概要

本研究では、北九州市の都心部に位置する市役所の職員を対象に行った通勤者行動の観測およびアンケート調

査の結果を用いることで、公共交通機関利用者の通勤行動に対してモデルの適合性を検討する。

(a) 通勤行動のアンケート調査

平成13年10月に、出・通勤時刻を含め、市役所職員の通勤行動を観測すると共に、アンケート用紙を出勤時に配布し、退勤時に回収するという方法で、アンケート調査を行った。調査内容は、調査当日の利用交通手段と利用した駅やバス停、さらに自宅出発時刻、予定自宅帰着時刻、個人属性などであった。アンケートの回収総数は545枚で、回収率は34%であった。図-4には、市役所職員の通勤交通手段の利用状況を示している。その結果、鉄道（JR在来線、モノレール含め）利用者は54.2%、バス（路線バス、高速バス含め）利用者は27.3%で、ほぼ80%の職員が公共交通機関を利用して通勤していることがわかった。

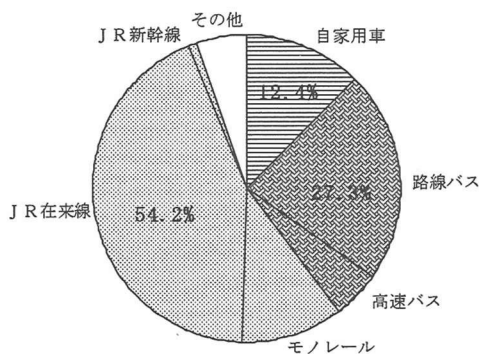


図-4 通勤交通手段の利用状況

(b) バス走行速度の観測

平成14年10月に、再び北九州市内に、ナンバープレート的手法を用いて、出勤時間帯（7:00～8:30）と退勤時間帯（17:00～18:30）における路線バスの走行速度を観測した^[注]。前年のアンケート調査結果を基に、

市役所職員がよく利用した主な3つの経路を選出し、計14点の観測点を設定した。観測経路および観測点を図-5、図-6に示す。観測結果から、経路別の15分毎のバス平均走行速度及び標準偏差を算出し、その結果を表-1に示す。

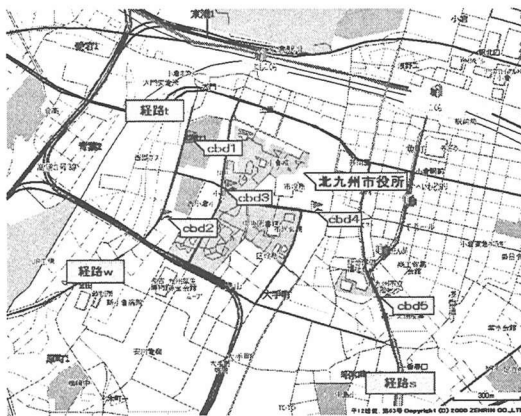


図-5 観測地点（都心部）

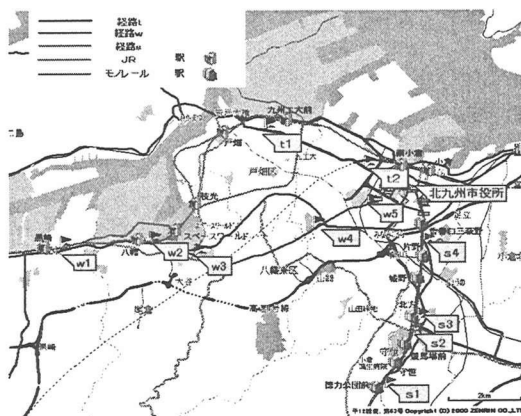


図-6 観測地点（広域）

表-1 経路別時間帯別におけるバス走行速度データ [km/h]

		都心部		t経路		s経路		w1～w4		w4～w5	
		平均速度	標準偏差	平均速度	標準偏差	平均速度	標準偏差	平均速度	標準偏差	平均速度	標準偏差
朝	7時00～15分	14.2	3.11	17.6	3.79	19.3	7.90	18.7	3.58	9.5	0.27
	15～30分	13.1	2.88	12.4	0.13	16.2	3.47	16.1	2.38	15.3	3.60
	30～45分	12.2	1.26	11.3	0.63	14.9	1.35	15.5	1.54	20.6	3.05
	45～00分	11.4	1.68	11.8	1.05	10.4	1.07	16.8	1.97	17.8	3.72
	8時00～15分	11.1	1.66	11.2	2.42	13.2	1.50	20.7	2.78	16.0	4.21
	15～30分	12.5	2.57	15.8	4.52	12.8	1.61	20.7	2.78	15.1	4.97
夕	17時00～15分	14.8	1.20	15.8	4.52	12.1	2.46	15.6	0.76	13.7	2.65
	15～30分	16.3	0.24	11.2	2.42	11.8	0.66	14.5	1.46	17.3	1.69
	30～45分	14.9	0.91	11.8	1.05	9.5	0.31	12.4	3.04	14.2	2.36
	45～00分	14.2	3.85	11.3	0.63	11.9	1.63	15.0	1.84	13.9	2.50
	18時00～15分	14.6	1.20	12.4	0.13	11.8	3.28	15.6	0.38	12.2	2.86
	15～30分	13.5	0.19	17.6	3.79	12.6	1.19	16.6	0.76	14.9	1.16

(2) 遅刻確率の算出

本研究では、出勤時における非効用 D_2 を遅刻確率で表すこととしたので、モデルのキャリブレーションを行う際、定時性のあるとそうではない交通機関の運行特性の違いに基づいて、鉄道、モノレール利用者および路線バス利用者の遅刻確率を異なる導き方で算出する。

(a) 鉄道、モノレール利用者

利用者はある自宅出発時刻 t_d を選んだ際の k 便列車に乗車できれば、鉄道とモノレールの乗車時間が概ね一定であるので、職場の最寄り駅に着く時刻がほぼ決まると言える。したがって、その利用者の遅刻確率は、職場の最寄り駅に到着した後のイグレス所要時間の変動に左右される。図-2に示した最適駅到着時刻決定モデルより、式(16)で与えられる時刻表から始業時刻 t_b に間に合う列車を乗る確率 P_k が分かれば、 k を条件とする遅刻確率 α は式(17)を用いて算出できる。

表-2 歩行速度の観測結果

	サンプル数	平均速度 (m/s)	標準偏差
出勤時	56	1.39	0.13
退勤時	68	1.30	0.12

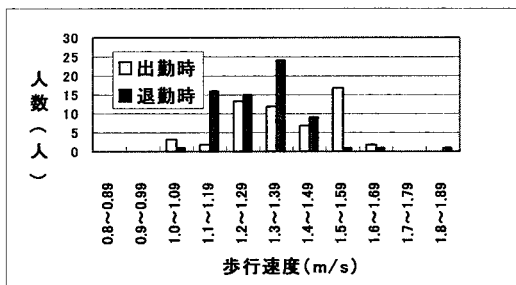


図-7 歩行速度の分布

$$P_k(k) = \int_{t_{d^{k-1}}}^{t_{d^k}} \phi_{t_{a^k}}(t) dt \quad (16)$$

$$\alpha = \sum_{k=1}^n P_k \int_{t_s}^{\infty} \phi_{t_{a^k}}(t) dt \quad (17)$$

ここで、 P_k は始業時刻 t_b に間に合う到着列車 k 便に乗る確率、 $t_{d^{k-1}}, t_{d^k}$ は $k-1$ と k 便の列車の出発時刻、 $\phi_{t_{a^k}}(t)$ は通勤者の駅に着く時刻の確率密度関数、 α は k 便を乗るときの遅刻確率、 $\phi_{t_{a^k}}(t)$ はイグレス所要時間の確率密度関数である

イグレス所要時間の確率変動を求めるため、出勤時および退勤時における通勤者の歩行速度を観測した。観測結果を表-2及び図-7に示している。その速度分布と最寄駅から市役所までの距離を基に、鉄道とモノレール利用者のイグレス所要時間を算出した。

(b) バス利用者

バス利用者にとって、所要時間の支配要因である乗車時間は、前述した運行路線別と時間帯別の走行速度による変動を考慮するため、表-1に得られた区間別と時間帯別の平均走行速度と標準偏差を基に、バスの走行速度分布を正規分布と仮定して、区間距離 l を用いて算出する。走行速度を v 、その確率密度関数を $q_v(v)$ とすると、

$$\phi_{t_n}(t_n|l) \text{ は、} q_v(v) \text{ を変数変換することにより、式(18)}$$

$$\phi_{t_n}(t_n|l) = q_v(l/t_n) \left| \frac{dv}{dt_n} \right| = l/t_n^2 q_v(l/t_n) \quad (18)$$

となる。また、バス利用者の自宅から最寄りのバス停までのアクセス時間、および市役所最寄りのバス停から市役所までのイグレス時間は、図-7に示した歩行速度分布を用いて、式(18)に示した同様の手法で算出した。

(3) 出・退勤時刻決定モデルのパラメータ推定と結果

本研究では、 t_a 、 t_b のPDFに正規分布を仮定し、最小二乗法を用いてパラメータを推定する。出勤時においては、まず、非効用 D_1 の傾きである A_1 、閾値 t_a の分布を表す平均値と標準偏差に初期値を与え、提案したモデルに基づいて、ある交通機関を利用する際の通勤者の自宅出発時刻を決定すれば、それに通勤者の所要時間分布を加えることによって、出勤時刻分布の理論値が得られる。それを観測した通勤者の出勤時刻分布と比較し、式(19)に示した理論値と実測値との二乗誤差 R が最小となるようにパラメータの値を調整しながら、最適値を求めた。すでに述べたように、出・退勤時刻のみを論じる場合には、 n に触れる必要がないので、退勤時においては、当面 $n=1$ として、他のパラメータを相対値として求める。そこで、非効用 D_4 の傾きである A_2 、閾値 t_b の平均値と標準偏差、そして非効用 D_3 のパラメータ B_2 に初期値を与え、出勤時刻の計算と同様の方法によってパラメータを推定した。

$$R \rightarrow \text{Min}$$

$$R = \sum_j (M_{Mj} - M_{Cj})^2 \quad (19)$$

M_{Mj} : 時間帯 j の通勤者数の実測値

M_{Cj} : 時間帯 j の通勤者数の理論値

鉄道とモノレール利用者は図-2と図-3に示したモ

表-3 パラメータの推定結果（出勤）

出勤	A_1	t_a の平均値	t_a の標準偏差
鉄道	0.55	7.58	0.27
バス	0.54	7.50	0.24

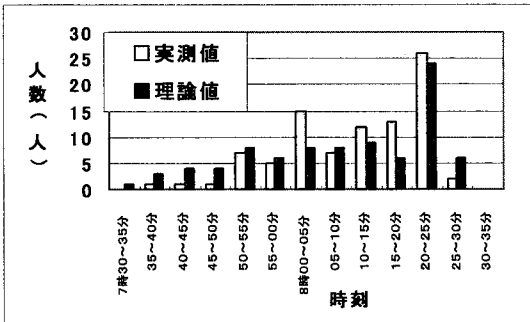


図-8 出勤時刻分布（鉄道利用者）

表-4 パラメータの推定結果（退勤）

退勤	A_2	B_2	t_b の平均値	t_b の標準偏差
鉄道	0.69	0.74	6.28	0.77
バス	0.70	0.86	6.18	0.64

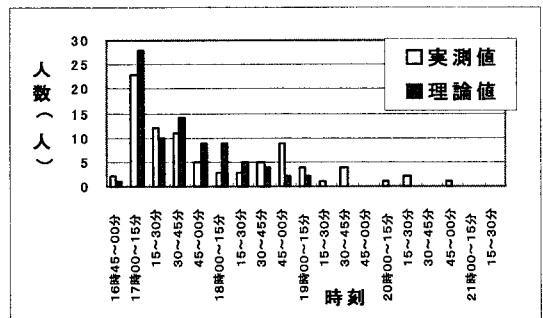


図-9 退勤時刻分布（鉄道利用者）

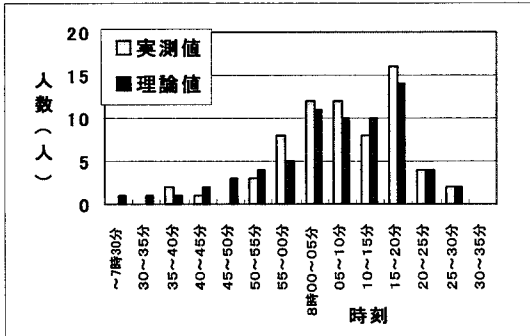


図-10 出勤時刻分布（バス利用者）

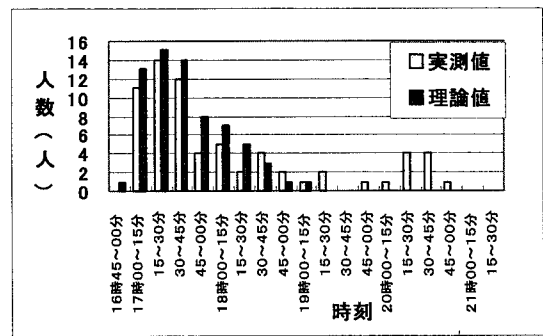


図-11 退勤時刻分布（バス利用者）

デルに基づいて、それぞれの利用者数の重みをつけることにより双方に適する出・退勤時刻決定モデルのパラメータを求めた。一方、路線バス利用者に関しては、自宅から職場まで所要時間の変動を考慮した上でパラメータを求めた。それぞれのパラメータの推定結果を表-3、表-4に示す。ここで、出勤時間帯に対して退勤時間帯の幅が大きいことを考慮し、出勤時刻を5分で、退勤時刻を15分で刻んで、パラメータの推定を行った。

また、得られたパラメータを用いた鉄道とバス利用者それぞれの出・退勤時刻の理論分布を実際に観測した分布と併せて、図-8から図-11に示す。K-S検定の結果、各交通手段において、出勤時及び退勤時いずれも有意水準20%で適合した。

北九州市役所の始業時刻は午前8時30分、終業時刻は午後5時になっていることに対して、推定した閾値 t_a と t_b の平均値より、鉄道利用者とバス利用者のいずれも出勤時にはおよそ午前7時30分ごろを、退勤時にはおよそ午後6時～6時半を非効用の弁別域とした。

(4) 公共交通機関選択モデルのパラメータ推定と結果

交通機関選択モデルを、鉄道とバスの選択行動に適用することによって、パラメータ n と $\gamma_{(i)}$ と $\delta_{(i)}$ を推定する。まず、それらに初期値を与え、章3の(3)で推定した時刻決定モデルのパラメータのうち、退勤行動に関する非効用 D_b 、 D_a を n 倍して、式(14)に代入することで、通勤者が鉄道あるいはバスを利用する際のそれぞれの非効用 $D_{(bus)m}$ と $D_{(rail)m}$ が算出できる。それを、対象とする通勤者全員について、式(15)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、的中率が最も高くなるようにパラメータ n と $\gamma_{(i)}$ と $\delta_{(i)}$ の値を変動させながら決定した。

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、代替モードについては、自宅の最寄りのバス停もしくは駅から乗車し、最も市役所に近くバス停もしくは駅で降車すると仮定した。

推定したパラメータの結果を表-5に示す。 n の結果より、出勤時の時間制約による非効用は退勤時よりかなり大きく感じられるが、通勤者の一日サイクルの中で、退勤時における非効用は無視できない程度存在することがわかった。また、 γ の値は、鉄道よりバスのほうが大きく、 δ の値は、バスより鉄道のほうが大きいという結果が見られた。つまり、バスの乗車時間と鉄道のアクセス・イグレスに要する時間に被る非効用が大きい。

表-5 パラメータの推定結果

	n	γ	δ
バス	0.20	1.35	2.44
鉄道		0.89	2.95

表-6 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 鉄道利用者
実際のバス利用者	68	61	7
実際の鉄道利用者	86	10	76

得られた n と $\gamma_{(i)}$ と $\delta_{(i)}$ を用いた鉄道とバス利用者それぞれの理論人数を実測人数と併せて、表-6に示した。バス通勤者の的中率は89.7%、鉄道通勤者の的中率は88.4%で、全体で89.0%の的中率であったことから、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いえる。

5. 考察

本研究では、始業時刻と終業時刻の制約に応じて出勤時および退勤時の行動に影響を及ぼす要因を非効用関数として表すことより、通勤者の出・退勤時刻決定行動モデルを作成した。このモデルを、公共交通機関を利用している北九州市役所職員の通勤行動に適用したところ、その再現性は概ね良好であった。

推定したパラメータによれば、出勤時、退勤時に関わらず、鉄道利用者及び路線バス利用者の通勤行動には大きな違いがなかった。

本研究で取り扱った2つの時刻閾値 t_a と t_b の変動については、日帰りレクリエーション交通と長距離業務交通について求めたものがある^{13) 14)}。通勤交通では、自宅出発時刻の平均閾値の午前7時半は、休日に行うレクリエーション交通の午前8時よりやや早い¹³⁾が、同じ時間制約のある長距離業務交通の午前7時とは差異がなく、この結果は妥当であると考えられる。退勤時において、通勤交通の自宅帰着時刻の平均閾値は午後6時~6時半で、レクリエーション交通の午後7時半より1時間早い。

また、本研究では、徒歩時間と乗車時間の質を交通機関選択の支配要因として、出・退勤時刻決定モデルに加

え、公共交通機関選択モデルの作成を行った。推定したパラメータの結果より、退勤時における非効用を交通機関選択行動に含める必要があることを明らかになった。また、バスの乗車時間と鉄道のアクセス・イグレス時間が交通機関選択行動に異なる影響を及ぼすことがわかった。

6. 結論

本研究は、明確な時間制約のある通勤交通を対象に、通勤者の時間に対する認識に基づいた出・退勤時刻決定モデルを作成したうえ、通勤交通手段選択行動を明示的に表現できるモデルを提案するものである。本研究で得た結論は次のとおりである。

1) 提案したモデルは、通勤者の朝の自宅出発から晩の自宅帰着までの一日サイクルに沿って時刻を関数として定義した非効用を用い、通勤者行動のばらつきを表現する確率変数をパラメータとして含んでいる。その結果、始業時刻と終業時刻の制約に応じる通勤者の出・退勤時刻決定行動を妥当に再現できた。

2) 時刻決定モデルを基に、徒歩時間と乗車時間の質を考慮した公共交通機関選択モデルの作成を行い、このモデルを北九州市役所職員のバスと鉄道の選択行動に適用して、比較的に良い再現性を得た。

3) 本研究では、公共交通機関利用者を対象とし、適用性のあるモデルが得られた。今後、本研究の延長として、提案したモデルを拡張して、自動車利用者の通勤行動を表現するモデルを作成する必要がある。また、公共交通機関と自動車双方の成果を基に、通勤交通手段選択モデルを検討することが考えられる。提案したモデルに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 施策に対する効果を評価するなどが期待できると考えられる。

[注] 通勤者の利用経路に関する情報は事前に把握できないので、2001年10月17日(水)に通勤行動のアンケート調査を実施する際には、バス走行速度の観測は同時に行わなかった。観測時期のズレによる影響を最小化するため、アンケート調査とほぼ同じ条件の下でバス走行速度の観測は2002年10月17日(木)にした。

謝辞

本論文は、文部科学省の科研費の助成を頂いた(平成13-15年度の基盤研究C-2:13650587)。また、本論文を作成するにあたり、北九州市役所にはアンケート

調査のご許可、および懇切なご支援、さらに、九州大学の塩 和喜技官並びに交通システム工学研究室の学生諸氏には調査、観測に広範な協力を得た。最後に、不備な原稿に目を通していただき、懇切なるご助言を受けた査読委員、その他の関係各位にもあわせて深謝の意を表す。

参考文献

- 1) 太田勝敏監修:交通需要マネジメントの方策と展開, 地域科学研究会, 1996.
- 2) 藤井 聡:TDM と社会的ジレンマ:交通問題解消における公共心の役割, 土木学会論文集, No.667/IV-50, pp.41-58, 2001.
- 3) 角知憲ほか:任意の運行特性を持つ公共交通機関利用者の一般化出発時刻, 土木学会論文集 IV-1, No.347, pp.95-104, 1984.
- 4) 内田敬ほか:通勤ドライバーの出発時刻決定モデルの実証分析, 土木計画学研究論文集, No.10, pp.39-46, 1992.
- 5) 小林潔司ほか:鉄道通勤交通における出発時刻分布に関する研究, 土木計画学研究論文集, No.14, pp.895-906, 1997.
- 6) 桑原雅夫:道路交通における出発時刻選択に関する研究解説, 土木学会論文集 IV-41, No.604, pp.73-84, 1998.
- 7) 門間俊幸ほか:時間利用パターンを考慮した就業者の交通行動分析, 土木計画研究講演集, No.18(1), pp.321-324, 1995.
- 8) C.R. Bhat : a model of post home-arrival activity participation behavior, Transpn Res-B, Vol.32, No.6, pp. 387-400, 1998.
- 9) C.R.Bhat et al : a comprehensive daily activity-travel generation model system for workers, Transpn Res-A, Vol.34, pp. 1-22, 2000.
- 10) 吉村充功ほか:フレックスタイム制度下における最適ピークロードプライシング, 土木計画学研究論文集, Vol.19, pp.823-830, 2002.
- 11) 杉恵頼寧ほか:フレックスタイム制度の導入が出社・退社時刻選択行動に及ぼす影響, 土木計画学研究論文集, Vol.19, No.3, pp.383-390, 2002.
- 12) 角知憲ほか:経路上交通渋滞に応答する自動車通勤者の出発時刻決定行動モデル, 土木学会論文集 IV-17, No.449, pp.107-115, 1992.
- 13) 藤池浩二ほか:目的地滞在時間が短いリクリエーションの行動の時刻決定モデルの作成, 土木学会論文集 IV-16, No.440, pp.177-180, 1992.
- 14) 大枝良直ほか:業務目的の航空旅客の出発便選択行動モデルの作成, 土木学会論文集 IV-34, No.555, pp.83-90, 1997.

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*

李 強**, 樋口 尚弘 ***, 柳原 守****, 大枝 良直*****, 角 知憲*****

本研究は、通勤交通における公共交通機関利用者の出・退勤時刻決定行動を記述するモデルを提案し、さらに、このモデルを通勤者の公共交通機関選択行動に拡張することを試みるものである。本研究では、通勤交通の始業時刻と終業時刻は指定されるので、通勤者はこの明確な時間制約を基に、一日サイクルの中で行動を行うと考えられる。モデルは、通勤者が出・退勤時におけるそれぞれの非効用が最小となる時刻を決定すると仮定している。モデルは、公共交通を利用する北九州市役所職員の出・退勤時刻決定及び交通機関選択行動に適用し、再現性を確認した。提案したモデルにより、通勤交通に関するTDM施策の効果を予測と評価することが期待できる。

A Travel Mode Choice Model of the Commuters on Mass Transits Based on Their Decision Behaviors of Time to and from Work. *

Qiang LI, Takahiro HIGUCHI, Mamoru YANAGIHARA, Yoshinao OOEDA, Tomonori SUMI

This paper proposed a decision model of time to and from work and further applied the model to represent the mode choice behavior of the commuters using mass transits. Taking the commuters' behaviors in a daily cycle, the commuters were assumed to decide the time to and from work in terms of the temporal constraints of the work start time and end time to minimize the sum of disutility derived from commutation behavior. It was expected to apply the model in evaluating the effects of TDM policies since the model well reappeared the behaviors of time decision and mode choice of the commuters using mass transits in Kitakyushu City.