

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

Behaviour Analysis on Modal Choice
Considering Departure Time and Route Choice

飯田恭敬*, 柳沢吉保**, 内田 敬***

by Yasunori IIDA, Yoshiyasu YANAGISAWA and Takashi UCHIDA

1. はじめに

近年、渋滞に対しピーク需要コントロールによって、ある特定の時刻、経路に集中していたトリップを、他の時刻、経路へ分散し、既存の交通施設を有効に利用する方策が主流となっている。1日に発生する交通需要の大きな割合を占める通勤トリップは、始業時刻の制約を考慮にいれた出発時刻や経路、手段の選択を行っている。ピーク需要コントロールによって通勤トリップを分散させる方法を考えるにあたり、通勤者がどのようにして、手段・経路・出発時刻の選択を行っているかを究明する必要がある。

出発時刻や経路の同時選択行動をロジットモデルを用いて分析した研究がある¹⁾。そこでは、Nested Logitモデルを用いて出発時刻、経路選択プロセスを仮定し、効用パラメータを推定することによって、選択行動パターンを明らかにしている。しかし、通勤交通を円滑に運用するには、交通需要のすべてを道路で処理することはできないので、公共交通機関との間で適正な分担も考慮しなければならない。そのため、通勤者の手段も含めた通勤行動を分析する必要がある。

本研究は、NLモデルを用いて道路と鉄道に対する交通行動の出発時刻、経路、手段選択ツリー構造を仮定する。そして通勤実態調査データを用いて、モデルパラメータを推定し、通勤行動特性を明らかにする。

2. 通勤行動モデル

(1) 通勤者の効用関数

道路利用者は、出発してから始業時刻までに費やす実効旅行時間損失と、所要時間の変動による遅刻ペナルティを考慮して、出発時刻や経路の選択行動を行っていると考えられる¹⁾。この実効旅行時間と遅刻確率はトレードオフの関係にあるので、所要時間の変動が何らかの確率分布に従うとすると、この効用関数は(1)式のように表せる。

$$V(1, r, t_s) = \beta(t_a - t_s) + \gamma F(t_a | r, t_s) \quad (1)$$

$V(m, r, t_s)$: 始業時刻 t_a に対し、手段 m , 経路 r ,

出発時刻 t_s を選択したときの通勤効用

$$m = \begin{cases} 1: \text{自動車} \\ 2: \text{鉄道} \end{cases}$$

$t_a - t_s$: 実効旅行時間

β, γ : 不効用に関するパラメータ

$F(\cdot)$: 時刻 t_s に出発し、経路 r を利用するドライバーが始業時刻 t_a に遅刻する確率

鉄道利用の場合、所要時間の変動は自動車利用と比較すると無視できるほど小さい。そこで始業時刻に間に合うような列車を選択した場合、遅刻確率は0、それ以外の列車を選択した場合は1とした。また時間損失以外にも、乗車料金も不効用として考えられる。このようにして、鉄道の効用関数は(2)式のように表す。

$$V(2, r, t_s) = \alpha + \beta(t_a - t_s) + \gamma \delta(t_a | r, t_s) + \zeta f(r) \quad \dots (2)$$

α : 鉄道固有の定数

ζ : 不効用に関するパラメータ

キーワード: 交通行動分析, 交通手段選択

* 正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学教室
(〒606-01 京都市左京区吉田本町)

** 正会員 工修 長野工業高等専門学校講師 環境都市工学科
(〒381 長野市徳間716)

*** 正会員 工博 京都大学講師 工学部交通土木工学教室
(〒606-01 京都市左京区吉田本町)

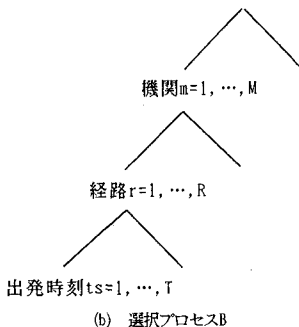
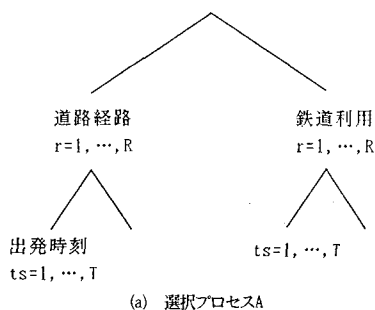


図-1 手段・経路・出発時刻の選択ツリー構造

$$\delta(t_s|r, t_s) = \begin{cases} 1 & : t_s > t_d \\ 0 & : t_s \leq t_d \end{cases}$$

$f(r)$: 経路 r の乗車料金

(2) 通勤行動モデル

通勤行動は(1), (2)式の効用関数に基づくNLモデルによってモデル化する。ここでは図-1に示す(a)(b)2種類の選択ツリーを想定し、通勤行動を分析する。

図-1の(a)は各手段間で類似性に大きな差がない場合で、通勤者が目的地までの選択可能な手段と経路を一体として選択行動を行っている場合である。ここでレベル2の選択枝数は、道路の経路がR本、鉄道の経路がM本ある場合(R+M)本となる。出発時刻と経路(手段)の同時選択確率は(4)式より与えられる。

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

ただし、各手段の経路すべてを含む。

図-1の(b)は手段と経路選択を明確に分け、最上位レベルを手段選択として構築した選択プロセスである。出発時刻・経路・手段の同時選択確率は(4)式より与えられる。

$$p(m, r, t_s) = p(m) \cdot p(r|m) \cdot p(t_s|m, r) \quad (4)$$

以上の選択ツリーに従い、通勤不効用パラメータを推定する。

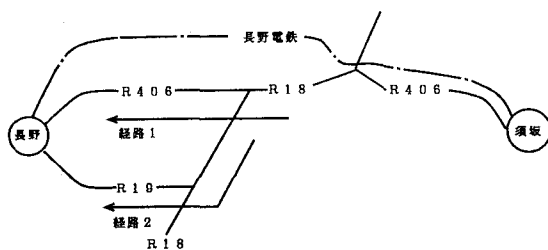


図-2 対象道路網

3. 対象道路網と通勤の実態

本研究では、須坂市から長野駅周辺の中心業務地区に向かうトリップを対象とする。ネットワークは図-2のように一般道路からなる2本の経路と1本の鉄道からなる。選定した2本の経路は、国道406号→18号→406号を経路1、国道406号→18号→19号を経路2とする。

通勤の実態分析は、平成2年度長野都市圏パーソントリップ調査を用いて行う。須坂市から発生する通勤目的のトリップを抽出し、それらの出発時刻、所要時間、トリップ数を調べた。その結果、大半の鉄道利用者が、8:00から8:10の間に長野市CBDの勤務先に到着している。このため、一般道路利用者も含めた通勤者のうち、8:00から8:10に勤務先に到着するトリップを通勤行動の分析の対象にすることにした。勤務先の始業時刻は、対象となる通勤集団の到着余裕時間が0から10分であると仮定して、到着時刻8:00から8:10のうち最も遅い到着時刻の8:10を始業時刻とした。ドライバーの選択可能経路は2つあるため、それぞれ道路利用者を各利用経路に分ける必要がある。ドライバーを各経路へ配分する作業は、目的地までにかかった所要時間により行う。各経路の所要時間を、平成2年度全国道路交通情勢調査により調べた。その結果、40分以下は経路1、41分以上は経路2を利用するとしてドライバーを利用経路別に分けた。一方、鉄道利用者は、8:10の始業時刻に間に合うために、須坂駅から7:02, 7:16, 7:29, 7:40に発車する4本の列車を利用する。PT調査を用い、まず自宅から須坂駅までの所要時間から、須坂駅へ到着する時刻を算出し、これより長野電鉄

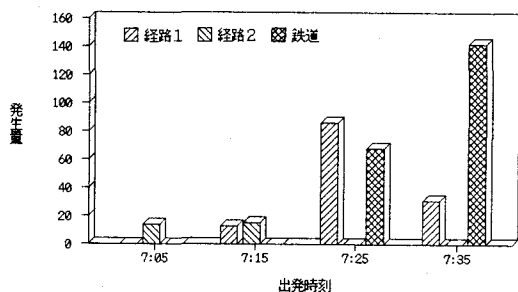


図-3 対象地域の出発時刻分布

の各列車の利用者数を求めた。以上の作業により、対象とする通勤者の各手段別出発時刻分布は図-3に示すとおりとなった。この図は7:05より10分間隔で、通勤者数を集計したものである。

4. 通勤効用のパラメータ推定

(1) パラメータ推定のためのデータの作成

通勤行動を分析するため、(1)(2)式で示した効用パラメータ α , β , γ , δ とスケールパラメータ μ を推定する。各トリップの代替選択肢の説明変数の値は表-1に示す。

出発時刻の選択肢は道路、鉄道ともに7:05より10分間隔で7:05, 15, 25, 35の4つ設けた。経路の選択肢は道路が2つで鉄道が1つである。手段は道路と鉄道の2つである。また、須坂-長野間の乗車料金は510円である。

P T調査より抽出した所要時間データより、7:05から7:44までの各時間帯の各手段、経路の平均所要時間、標準偏差を表-2に示す。これより、表-1に示すように、始業時刻8:10に対する各選択肢の遅刻確率を求めた。

手段、経路別の各出発時刻の発生量は図-3に示したとおりで、一般道路の経路1の総トリップが130、経路2が29、鉄道の総トリップが210であった。

(2) パラメータの推定方法

図-1で示した選択ツリーで表されるロジットモデルを、最尤推定法を用いて段階的にパラメータの推定を行う。レベル1のスケールパラメータは1.0とした。よって図-1(a)のように2段階の場合のスケールパラメータの存在範囲は、

$$0 < \mu_2 \leq 1.0 \quad (5)$$

表-1 各選択肢の説明変数値

t_s	t_e	遅刻確率			C
		r_1	r_2	r_3	
7:05台	65	0	0	0	540
7:15台	55	0	0.002	0	540
7:25台	45	0.002	0.841	0	540
7:35台	35	0.377	1.000	0	540

t_s : 出発時刻, t_e : 実効旅行時間

r_1 : 経路1, r_2 : 経路2, r_3 : 鉄道, C: 乗車料金

表-2 各手段、経路の平均所要時間と標準偏差

経路	平均所要時間(分)	標準偏差
1	33.8	3.82
2	47.5	2.50
鉄道	20.0*	0.00

* CBDまでの平均所要時間

でなければならない。また図-1(b)のように、3段階の場合は、

$$0 < \mu_3 \leq \mu_2 \leq 1.0 \quad (6)$$

を満たさなければならない。

(3) パラメータの推定結果と考察

まず、手段を区別せずに目的地までの利用可能な経路を選択する、図-1(a)選択ツリーAの分析を行う。出発時刻選択であるレベル1の説明変数は実効旅行時間と遅刻確率を用いる。レベル2は手段も含めた経路選択となるが、説明変数としてはスケールパラメータ、乗車料金と鉄道の固有定数を考慮する。パラメータの収束計算の効率上、乗車料金は1000円を1.0とした。推定結果は表-3に示す。レベル2の説明変数として料金を用いた場合をA₁、固有定数を用いた場合をA₂とした。なお、料金、固有定数、スケールパラメータをすべて用いた場合は、推定計算は収束せず、パラメータを推定できなかった。

まずA₁の分析を行う。レベル1では、旅行時間が短いほど通勤不効用が小さくなるように、 β の符号は負となっている。図-3を見ると道路、鉄道利用ともに出発時刻を遅くし、実効旅行時間が短くなるほど発生トリップ数は増加している。

表-3 選択ツリーAのパラメータの推定結果

	レベル1			レベル2	
	β	γ		α_2	μ_2
A ₁	-0.145 (15.08)	-6.570 (11.26)	*	-1.244 (2.99)	0.938 (7.80)
A ₂	-0.145 (15.08)	-6.570 (11.26)	-0.635 (2.99)	*	0.937 (7.80)

(): t 値 *: 除外

また、遅刻ペナルティーに関する γ の符号も負となっているが、各時刻の道路利用者数（出発時刻分布）と遅刻確率の関係より、遅刻確率が大きくなると発生トリップ数が減少している。レベル2では乗車料金は不効用なので、パラメータ γ の符号が負となった。 μ_2 は(7)式の範囲内にあり合理的な結果となった。 μ_2 の値が大きいことから鉄道利用も含めた全体の通勤者は、不効用に対して敏感に反応していることが分かる。

A₂では、レベル2において鉄道の固有定数 α_2 と μ_2 を推定している。自動車の固有定数が0であるのに対し、鉄道の固有定数が負であることから、時間損失以外の面で、自動車よりも選好されないことを示している。しかし α_2 は-0.635とかなり小さく、通勤行動への大きな影響はないと考えられる。また、固有定数は交通政策の計画変数として取り入れにくいことから、選択ツリーBのパラメータ推定では固有定数を除外する。

次に、図-1(b)選択ツリーBの分析を行う。これは手段と経路選択を明確に分け、最上位レベルを手段選択とした3レベルからなる選択ツリーである。図-1(a)と同様に、レベル1の説明変数は実効旅行時間と遅刻確率を、レベル2では経路選択に関するスケールパラメータを推定する。手段選択であるレベル3では、スケールパラメータ、乗車料金を説明変数とする。しかし、乗車料金を用いた場合、パラメータ推定計算は収束しなかったため、ここではスケールパラメータのみを考える。表-4の推定結果を分析する。レベル1でパラメータ推定に用いられるデータはモデル1、2と同じなので、 β 、 γ の値も同じになる。レベル2の μ_2 は経路選択に関するパラメータであるが、鉄道の経路が1つなので、ここでは道路の経路選択に関するものとなる。通勤者は

表-4 選択ツリーBのパラメータの推定結果

	レベル1		レベル2	レベル3
	β	γ	μ_2	μ_3
	-0.145 (15.08)	-6.570 (11.26)	0.937 (7.80)	0.546 (4.84)

(): t 値

時間損失に対し敏感に反応するので、 μ_2 は0.937と大きな値となっている。

レベル3では機関選択に関するスケールパラメータが得られる。 μ_3 は(5)式の範囲内にあるが、0.546と比較的小少な値を示した。レベル3のパラメータはレベル1の実効旅行時間と遅刻損失による不効用が反映される。鉄道を利用した場合、遅刻する危険がなく時間損失が小さいので、一般道路を利用するより通勤不効用は小さくなる。しかし道路と鉄道の利用者数の比率は159:210で、出発時刻選択による時間損失差ほど大きな差はない。よって時間損失に関する不効用が小さい鉄道利用に、トリップが大きく偏らないことを反映して、 μ_3 の値は比較的小少な値となっている。このことは、各手段、経路の所要時間が短くなっても手段選択が大きく変化することはないことを示している。つまり利用手段はある程度固定され、所要時間の変動に対し、出発時刻で対応していると解釈できる。

5. おわりに

本研究の分析より、通勤者は利用手段はある程度固定し、所要時間の変動に対し、出発時刻で対応しているものと考えられる。また、時間損失以外の面で、鉄道は自動車よりも選好性が低いことがわかった。今後の課題としては、

- (1)列車の車内混雑も考慮にいれた手段選択行動を分析する。
- (2)構築したモデル1、3の選択特性を分析し、各モデル有効性を検討する。

参考文献

- 1)飯田恭敬, 柳沢吉保, 内田 敬: 通勤ドライバーの出発時刻と経路の同時選択に関する行動分析, 交通工学, Vol.28 No.6 pp.11-20, 1993