

所要時間不確実性下における通勤ドライバーの出発時刻決定と経路選択行動に関する分析

豊橋技術科学大学 学生員 依田勝雄
豊橋技術科学大学 正員 廣島康裕

1. はじめに

本研究では、より精度の高い交通量配分や動的な交通量配分、または、TDMなどのきめ細かな交通政策に対する効果測定のために、自動車利用実態調査をもとに所要時間の不確実性が無視できず、且つ、到着制約時刻の存在により時間的制約が厳しい通勤ドライバーを対象に、個々のドライバーの経路選択行動と経路選択と関連が深い出発時刻に関して分析を行うものである。

2. 自動車利用実態調査

調査は通勤ドライバーに限定せず、平成9年12月に豊橋市民を対象に郵送配布・郵送回収によって行ったものであり、その調査項目は交通状況等に関する質問の他に、地図記入式の利用経路・代替経路とその諸条件に関する質問、および出発時刻と経路に関するSP質問などであり、2000通の配布から477通の有効回答が得られた。

その結果、交通目的は全体の6割の人が通勤であった。また、自動車での移動で所要時間に変動があるとする人の割合は全体の68%であり、これを交通目的別でみると通勤では72%、非通勤では61%の人が所要時間に変動があるとしている。このことから自動車での移動では、所要時間が不確定であることが多いといえよう。次に、到着制約時刻に関しては、「ある」とする人は全体でおよそ7割であり、交通目的別では通勤目的の95%に到着制約時刻があるのに対して非通勤者では29%であった。続いて、移動の際に遅刻やペナルティに関する集計では、遅刻が許されないとする人やペナルティがあるとする人の割合は、通勤の方が非通勤に比べて多く、通勤目的に関しては、遅刻が許されず且つペナルティがあるとする人がおよそ7割であった。このことから、通勤目的の人は到着制約時刻までに目的地に到着しようとする意識が大きくなるものと考えられる。

出発時刻の決定には到着制約時刻や所要時間はもちろん、その経路の所要時間変動も影響を与える。また、遅刻に対するペナルティが大きければ、到着制約時刻に間に合うような出発時刻の決定を行うものと考えられる。これらを踏まえ、分析に関しては通勤ドライバーを対象に行う。

3. 分析の内容とその方法

(1) 行動仮説と分析手順

本研究では、効用最大化仮説に基づいて経路と出発時刻の相互関係を考慮した分析を行うが、分析を容易にするため、ネスティッドロジットモデルと同様の段階型モデルの考え方に従うものとする。

(2) 出発時刻決定に関する分析方法

経路所要時間が不確実な状況下での出発時刻の決定は期待総不効用最小化によると考えられる。そして、到着制約時刻のある場合には遅刻による不効用が早着による不効用よりも大きいと考えるのが妥当であるため、到着時刻期待値が到着制約時刻よりも早くなるよう、すなわち余裕時間（セーフティマージン；S.M.）を確保しよう出発時刻を決定すると考えられる。S.M.の値は遅刻の不効用が大きいほど、また経路所要時間の不確実性が大きいほど大きくなり、経路所要時間の不確実性に関連する不効用の度合いを反映していると考えられる。そこで、本研究では、各個人の回答値からS.M.の値を算出し数量化I類による要因分析を行い、経路選択行動の説明要因としての予測可能性を検討するものとする。

(3) 経路選択モデルの定式化と推定方法

通常のロジットモデルの仮定は経路選択肢の性質を考えると問題があるため、本研究ではランダム効用項の不等分散性や経路選択肢間での共分散の存在を認めるプロビットモデルを基本的に用いるものとした。

このプロビットモデルはかなり柔軟性を有するモデルであるが、そのパラメータの推定はそれほど容易ではない。しかし、本研究での調査では各個人の利用経路と代替経路を地図記入形式で質問しており、これらは各個人に利用可能な経路の中で、効用が上位2つの経路であると考えられる。したがって、いま各個人にとって上位2つの経路を経路 r と経路 r' とするととき、経路 r の選択確率は次式のバイナリープロビットモデルによって表現される。

$$P_r = \Phi \left[\frac{V_r - V_{r'}}{\sqrt{L_r + L_{r'} - 2d_{r'}}} \sigma_0 \right]$$

ここに、 $\Phi(\cdot)$ ：標準正規分布の分布関数； V_r ：経路 r の確定的効用項（ $= \sum_k \beta_k X_{kr}$ ）； σ_0^2 ：単位リンク長当たりのランダム効用項の分散； L_r ：経路 r の経

路長； d_{rr} ：経路 r と経路 r' の共通リンクの総延長
 ここで、 $\Phi(\cdot)$ をロジスティック関数で近似し、
 また、経路 r の確定効用項がパラメータに関して線形
 の関数であると仮定すれば経路 r の選択確率は次式の
 ようになる。

$$P_r = \frac{1}{1 + \exp(\sum \alpha_k Z_{kr})}$$

α_k ：パラメータ 説明要因 $Z_{kr} = \frac{(x_{kr} - x_{kr'})}{\sqrt{L_r + L_r - 2 d_{rr}}}$
 ($= 1.60 \cdot \beta_k / \sigma_0$)
 x_{kr} 、 $x_{kr'}$ は利用経路、代替経路の k 番目の要因

以上のように、利用経路の経路長と代替経路の経路
 長の和から重複区間長を差し引いた値の平方根で各説
 明要因の値を除いたものをモデルの説明変数とすれば
 通常のロジットモデルと同形式となり、パラメータ推
 定が極めて容易な形で与えられることになる。

4. 結果

まず、数量化 I 類分析によるセーフティマージンの
 分析結果を表 1 に示す。この S.M. は調査の回答より次
 式で与えており、その平均は 13.6 分であった。

$$S.M. = (\text{到着制約時刻}) - (\text{出発時刻}) - (\text{平均所要時間})$$

変数の定義として、遅刻損失は遅刻が許されず、ペ
 ナルティがある人を「大」、ペナルティはないものの
 遅刻が許されないとする人を「中」、多少の遅刻は許
 されるが限度を超えるとペナルティがあるという人は
 「小」としている。また、所要時間のばらつきに関し
 ては、平均所要時間と最早所要時間との差及び最遅所
 要時間との差を算出し、これを標準偏差の形にして平
 均したものとして与えている。

表 1 数量化 I 類分析による
セーフティマージンの分析結果

要因	カテゴリ	カテゴリー	スコア	スコア
職業	技術系(34)	-1.48	出発時刻	600-700(32) 4.42
0.22	事務系(33)	0.04	0.28	701-730(42) 1.05
<3>	販売系(50)	-1.57	<1>	731-800(39) -0.84
	その他(25)	5.10	801-(29)	-5.26
遅刻損失(※)	大(50)	2.41	所要時間(分)	11~15(47) 2.60
0.23	中(39)	1.26	0.17	16~30(72) -0.49
<2>	小(8)	-0.87	<4>	30~45(14) -2.92
	なし(45)	-3.62	45~(9)	-5.10
サンプル数	142		所要時間のばらつき(※)	小:0-2(84) -1.37
相関係数	0.410		0.13	中:2-3(28) -0.89
S.M.の平均値	13.6分		<5>	大:3-5(20) 2.25

(※)所要時間のばらつき=(遅れのばらつき+早着のばらつき) / 2
 遅れのばらつき=(最長所要時間-平均所要時間) / 1.96
 早着のばらつき=(平均所要時間-最短所要時間) / 1.96
 (※2)大:ペナルティ有+遅刻が許されない 中:ペナルティ有+遅刻が多少許される
 小:ペナルティ無+遅刻が許されない なし:ペナルティ無+遅刻が多少許される
 * 要因の下の数値は偏相関係数、() 内の数値はその順位。() 内の数値はサンプル数

この結果、出発時刻、遅刻損失といった要因の影響
 が大きくなっている。次に、各要因ごとの相対的な関
 係を見ると、遅刻損失が大きければ S.M. は大きく、遅
 刻損失が小さくなるほど S.M. も小さくなる。次に、出
 発時刻に関しては、早い出発時刻では S.M. が大きく見

込まれ、遅い出発時刻では S.M. が小さく見込まれる傾
 向がある。また、所要時間に関しては、所要時間が短
 いほど S.M. が大きく、所要時間が長くなるにつれて S.
 M. が小さくなる。これは、所要時間が長い人にとつて
 は、S.M. を大きく見込むことによって実効旅行時間が
 大きくなることの効用が大きく影響されるのではない
 かと思われる。次に所要時間のばらつきでは、ばら
 つきが小さいと S.M. は小さく、ばらつきが大きくなる
 につれて S.M. が大きくなる傾向がある。

続いて、経路選択モデルの推定結果についてを示す
 が、ここでは所要時間と S.M. は調査の回答値を用い、
 その他の要因は、地図記入式の通過リンクの回答をも
 とに、リンクデータから算出したものを用いている。

まず、表 2 には今回提案するモデルと所要時間や走
 行距離など従来から経路選択の説明要因とされてきた
 要因のみのモデルとの比較を示す。これより、従来か
 らの説明要因のみでは適合度が悪く、その他の要因を
 加えることによってこのモデルの適合度が上がること
 が分かる。さらに、説明要因として S.M. を組み込んだ
 ときのモデルが最も良い適合度を示すことから、この
 モデルには S.M. が不可欠であることが示された。また、
 各要因のパラメータから、所要時間が長い経路や右折
 回数が多い経路、S.M. を大きくとらなければならない
 経路は選択されにくく、歩道設置率が高い経路ほど選
 択されやすいことが分かる。

表 2 経路選択モデルの説明要因の検討

要因	提案モデル1		提案モデル2		提案モデル3*	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
所要時間(分)	-1.242	-3.01	-0.303	-2.21	-0.288	-2.26
走行距離(km)	-0.774	-1.06	-1.246	-2.41	-1.118	-2.55
信号密度(個/km)	-0.642	-0.61	-1.405	-1.94		
中央分離帯設置率	2.550	1.34	2.328	1.40		
歩道設置率	3.695	1.62	3.846	1.86		
右折回数(回)	-0.799	-1.15	-0.574	-0.95		
S.M.	-1.237	-3.13				
ρ^2 値	0.372		0.160		0.091	
的中率	0.752		0.638		0.657	

続いて、経路効用の性質としてランダム効用項の不
 等分散性や経路選択肢間での共分散の存在を考慮した
 今回のモデルと通常のロジットモデルによる推定結果
 を表 3 に示す。この結果から、提案モデルの適合度は
 通常のロジットモデルと比較して良好な結果が得られ
 ているといえる。

表 3 経路選択モデルの推定結果

要因	提案モデル1(サンプル数105)		通常のロジットモデル(サンプル数105)	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
所要時間(分)	-1.242	-3.01	-0.332	-3.05
走行距離(km)	-0.774	-1.06	-0.169	-0.77
信号密度(個/km)	-0.642	-0.61	-0.370	-0.96
中央分離帯設置率	2.550	1.34	1.061	1.45
歩道設置率	3.695	1.62	1.652	1.87
右折回数(回)	-0.799	-1.15	-0.321	-1.26
S.M.	-1.237	-3.13	-0.326	-3.23
ρ^2 値	0.372		0.341	
的中率	0.752		0.743	

なお、詳細な結果に関しては講演時に述べたい。