

時間帯別通勤時刻選択モデルのための調査・集計・モデリングの検討 SURVEYING AND MODELLING FOR DEPARTURE TIME CHOICE MODEL

松井 寛*・藤田素弘**・土屋真司***

By Hiroshi MATSUI, Motohiro FUJITA, Shinji TSUCHIYA

1. はじめに

フレックスタイム制度はコアタイムという制約はありながらも、通勤ドライバーが自分のライフスタイルや、仕事の関係、及び、通勤時刻で大きく変化する交通状況等を考慮して、最も自己に適した時刻を選択できる。このような制度下におけるドライバーの通勤時刻選択行動を分析するモデルとして時間帯別通勤時刻選択モデル¹⁾があるが、このモデルは、数個の時間帯を選択肢とする非集計モデルとして構築され、操作性が高く、また、交通量配分モデルにも組み込んで渋滞緩和効果等の分析が可能であるという利点を持つ。

しかし、非集計モデルの交通手段選択分析などへの従来における適用例とは異なり、時刻選択に非集計モデルを適用する場合には、選択肢としては連続的に与えられる時刻をせいぜい数個の時間帯に大きく分割して離散化していくことになり、この時間帯の設定はモデルの精度、および内容に大きく影響すると思われる。このモデルで使われる通勤所要時間変数はその時間帯と幅の与え方に最も影響を受ける変数といえるが、この変数は、モデルにおいて非常に重要な共通変数となっているばかりでなく、本モデルを交通量配分モデルと組み合わせた場合でも配分結果に大きく影響を与えるという点において重要な変数といえる。よって、本研究では、上記の通勤所要時間の与え方を中心に、連続的な時刻をいくつかの時間帯に離散化して選択肢を与えモデリングする時間帯別通勤時刻選択モデルにおいて配慮すべきいくつかの事項について考察し、より汎用性の高い改良モデルの構築を目指そうとするものである。

2. 従来の研究

著者が文献1)において行った通勤時刻選択行動分析においても、通勤所要時間の調査方法等の分析を行っている。そこにおける調査票では、通勤所要時間について、①各個人が最も多く自宅を出発する時刻とその所要時間、②その時刻の1時間前に出勤した場合の所要時間と③その時刻の1時間後に出勤した場合の所要時間の3時点についての所要時間を質問しており、そのそれぞれの所要時間を各時間帯の通勤所要時間と設定した。この調査によって得られた通勤時刻選択モデルはそのパラメーター等によって、常識的な解釈が可能で精度も比較的良い妥当なモデルとなっており一応の成果を得ているといえるが、より信頼性、および汎用性の高いモデル構築を目指す上では、その調査方法においていくつかの課題を残した。すなわち、上述のように通勤所要時間を設定した場合、離散化する時間帯の幅(本調査では1時間)を調査前に完全に決定しておくことが必要となることと、本来所要時間は各時間帯内で変動しているが、モデル上での各時間帯間の変動を重視する上でも、所要時間はそれぞれの時間帯の平均値として与えられるべきであるが、この調査ではドライバー個人が持つ所要時間の時刻分布を求められるものにはなっていないことから、所要時間の平均値を与えるには至っていない(この調査では1時間ごとの3時点のデータをその時間帯の平均所要時間としている)、ことなどが課題として挙げられる。

本研究では、上記の課題をふまえて、より妥当性の高い調査・集計モデリング方法について検討するが、以下は、平成6年11月に豊田市における大規模事業所の従業員に対して今回新たに実施した、通勤時刻選択行動分析のためのアンケート調査結果に基づくものである。

キーワード：交通行動分析、交通管理

* 正会員 工博名古屋工業大学工学部社会開発工学科

** 正会員 工博名古屋工業大学工学部社会開発工学科

*** 学生員 名古屋工業大学院 社会開発工学専攻

(〒466 名古屋市昭和区御器所町 TEL 052-732-2111
FAX 052-741-8192)

表－１ 通勤所要時間の設定

会社への通勤時の状況	自宅出発時刻		会社駐車場までの所要時間	この出発時刻は 週or月に何日
①最もよく 家を出発する時刻は	午前 時 分	→	時間 分	週に 日
②渋滞が始まる直前に 出発するとすれば	午前 時 分	→	時間 分	月に 日
③最も激しい渋滞に巻き込 まれる出発時刻は	午前 時 分	→	時間 分	月に 日
④許される最も遅い時刻に 職場に到着するとすれば	午前 時 分	→	時間 分	月に 日

注) アンケート調査では、上記表－１の質問以外に念のため渋滞が始まる時刻と終わる時刻について別に聞いている。

３．通勤所要時間の調査および算定方法

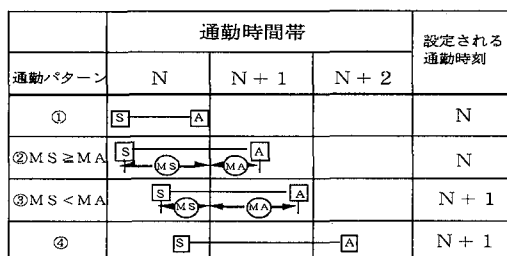
ここでは、時間帯別通勤時刻選択モデルにおける通勤所要時間の調査および算定方法について考察する。

(１) 通勤所要時間の調査票

２．の課題をふまえて、本研究では、通勤所要時間の調査を、とくに各個人の通勤経路の所要時間の時刻分布から各時間帯の平均所要時間が求められるようにすることに留意して以下のように行った。すなわち、表－１に示すように、被験者が最もよく出発する時刻、渋滞が始まる時刻、最も激しい渋滞が発生する時刻と許される最も遅い時刻に職場に到着する時刻との４つの時刻についてそれぞれの所要時間とその時刻の出発頻度を聞いた。また、念のため、上記とは別に通勤経路の渋滞が始まる時刻と終わる時刻を別途聞いた。このように聞いておけば、個人が持っている通勤経路の所要時間分布の中において、結局どの時刻を選択しているかということがより明らかになるものと考えられる。

(２) 通勤時刻の設定

ここでは上記の調査データに適用する時刻の設定について説明する。本研究においてドライバーが選択する通勤時刻は、自宅出発時刻ではなく出発時刻に通勤所要時刻も考慮した通勤時刻とする。これは通勤時刻選択モデルを最終的に通勤時刻分布・配分同時モデルに組み込むことを前提としているので、両モデルの整合性をとるためともいえるが、すなわち、これはドライバーが自宅から出発して到着するまでに路上に存在した時間帯のうち、最も長く存在した時間帯を通勤時刻とするものとなっている。



図－１ 交通流の保存条件を考慮した通勤時刻の設定

その設定方法と設定結果を図－１に示す。図の通勤パターン②～④については、出発時と到着時が２時間帯にわたっているため、長く存在する時間帯を通勤時刻として設定している。

(３) 時間帯別平均所要時間の算出

出発時刻をX軸、通勤所要時間をY軸とする２次元を考え、表－１の４つの出発時刻と通勤所要時間を $T(x, y)$ とし、出発時刻の早い順に $T_1(x_1, y_1)$ から $T_4(x_4, y_4)$ とする。２次元グラフ上で T_1 から T_4 に直線で繋ぐことにより出発時刻と通勤所要時間を以下の５つの式のように関数化する。

・ $X \leq x_1$ のとき

$$Y = y_1$$

・ $x_1 < X \leq x_2$ のとき

$$Y = aX + b$$

(a : 傾き、b : 切片) において、

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \quad b = \frac{x_2 y_1 - x_1 y_2}{x_2 - x_1}$$

であるから、

$$Y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} X + \frac{x_2 y_1 - x_1 y_2}{x_2 - x_1}$$

・ $x_2 < X \leq x_3$ のとき

$$Y = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} X + \frac{x_3 y_2 - x_2 y_3}{x_3 - x_2}$$

・ $x_3 < X \leq x_4$ のとき

$$Y = \frac{y_4 - y_3}{x_4 - x_3} X + \frac{x_4 y_3 - x_3 y_4}{x_4 - x_3}$$

・ $X > x_4$ のとき

$$Y = y_4$$

それぞれのX(出発時刻)の値の時のY(通勤所要時間)を算出する。以下のような条件を与える。

初期値: $X = 330$ (午前５時３０分)

Xの増加量：5 （5分）
最終値：X=600 （午前10時）

5時30分より5分おきに出発した場合の上式から得られる通勤所要時間を計算し、その所要時間がどの時間帯の通勤所要時間かを図－1の時刻の設定方法により決定する。その時刻に基づいて5分ごとの所要時間を足し合わせ、時間帯ごとの総通勤所要時間を算出し、総通勤所要時間を各時間帯の事象数で除したものを各時間帯の平均所要時間とする。

以上のような方法によって時間帯別通勤所要時間を求めれば、個人が持っている通勤経路の所要時間分布を考慮する事ができ、通勤所要時間の信頼性が増すものと考えられる。

4. 通勤時刻選択モデルの構築

ここで構築するフレックスタイム勤務者の通勤時刻選択モデルは、選択対象とする時間帯を午前6時から9時までの4時間帯とする多項非集計ロジットモデルである。

通勤時刻選択モデルの構築にあたり、検討した変数は通勤所要時間、通勤距離、性別、年齢、事務職ダミー、技術職ダミー、会議数、電話数などである。これらを入れ替えながらモデルを構築し比較検討した結果、精度が良く実用的で扱いやすい入力データとして、年齢、職種（技術職）、通勤距離を採用する。

本研究では、データのサンプリング方法の相違による2種類のモデルのパラメータ推定を行い、通勤時刻選択モデルの特性分析を通して、通勤時刻選択

表－2 単純無作為抽出法によるパラメータ推定結果

特性変数	時間帯	パラメータ	t 値
定数項	6 時台	0.198	2.920
	7 時台	4.620	12.700
	8 時台	5.720	11.500
通勤所要時間	共通	-0.106	-8.220
年齢（才）	7 時台	-0.033	-2.560
	8 時台	-0.066	-4.440
技術職ダミー	6 時台	3.130	4.820
	7 時台	2.180	3.600
通勤距離	6 時台	0.097	3.350
	7 時台	-0.079	3.810
尤度比	ρ^2		0.438
サンプル数			773

モデルにおいて生じる可能性のある集計バイアス等について分析を行う。

（1）単純無作為抽出法によるパラメータ推定

単純無作為抽出法とは、アンケートデータの層別化・選別化を行わず、そのまま使用する方法である。パラメータ推定結果を表－2に示す。尤度比は0.438となっており、良好な精度といえる。年齢に関しては、7時台よりも8時台の方が小さい値になっていることから年齢が若い方が8時台の効用が高いことを示している。職種（技術職ダミー）では、7時台よりも6時台の方がパラメータが大きく、技術職の人にとって7時台よりも朝の早い6時台の方が効用の高い時間帯となっていることがわかる。

次に、このモデルを実際の予測において集計モデルとした場合の現況再現性について検証する。集計方法としては、実際の予測の際には各変数の平均値が入力されることを考慮して平均値法を用いる。

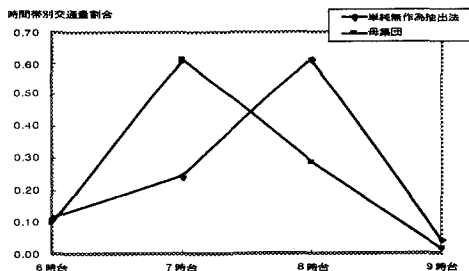
表－3に、使用する特性変数のフレックスタイム制勤務者平均値データを示す。表－4の集計データを用いて単純無作為抽出法モデルによる現況の交通量予測結果を母集団と比較したグラフを図－2に示す。母集団のピークが7時台であるのに対して、単純無作為抽出法モデルのピークは8時台とずれており、集計バイアスが生じていることが分かる。

（2）選択肢別抽出法によるモデリング

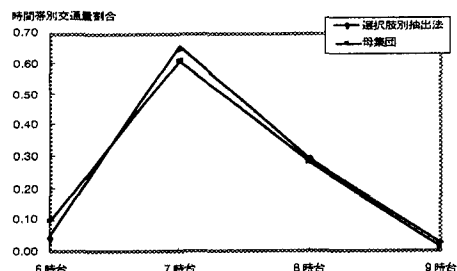
前節の集計バイアスを考慮して、ここでは選択肢別抽出法による通勤時刻選択モデルの構築を考える。選択肢別抽出法とは、データのサンプリングにおいて選択肢をベースとして一般層別標本抽出を行ったあと、実際のシェアを考慮して補正をするものである。本モデルの選択肢集合は6時台から9時台までの4時間帯であるので、個人データの選択結果を4時間帯に層別化し、各層からの標本数を、6時台7

表－3 平均値の集計データ

通勤所要時間（分）	
6 時台	22.32
7 時台	26.71
8 時台	23.82
9 時台	16.63
年齢（才）	34.50
技術職割合（％）	8.00
通勤距離（km）	11.84



図－2 単純無作為抽出法モデルの再現性



図－3 選択肢別抽出法による再現性

2件、7時台82件、8時台69件、9時台8件のように抽出する。ここで、サンプル数は各層で同程度になるように標本数を設定したが、9時台のサンプルは極めて少なかったため、その標本数は少なくなっている。最後に、母集団シェアに沿うように選択肢ダミー変数を簡便法により修正した。表－3にパラメータ推定結果を示す。パラメータ値から分かる通勤特性は単純無作為抽出法とほぼ同様である。

次に選択肢別抽出モデルの平均値法による集計時の現況再現結果を図－6に示す。単純無作為抽出法のモデルで発生した集計バイアスは選択肢別抽出法モデルにおいては改善されていることが分かる。

(相関係数は0.99)

本研究では、選択肢別抽出法とは別に、単純無作為抽出法のモデルのままで、変数だけを変えることによって集計バイアスがどうなるか分析したが、集計バイアスの点だけを考慮するならば、各変数に使用される2つの時間帯のパラメータを一つずつにする事によっても、集計バイアスが生じないことを確認

している。これらのことから、表－2の単純無作為抽出法のモデルで集計バイアスが発生した理由としては、もともとは連続的に与えられる時刻を4つの時間帯に大きく離散化したことによって、その時間帯の区切り方と各時間帯の変数の使い方によっては、集計時におけるシェアが実際と異なったものとなることが起きるものと思われる。このように、時間帯別の通勤時刻選択行動を分析する場合には、集計バイアスの可能性について留意する必要があることが分かる。

5. おわりに

本研究ではフレックスタイム制下における通勤行動を分析するための時間帯別通勤時刻選択モデルのための調査、集計、モデリングの各段階においてそのより信頼性の高い方法を検討した。本研究ではまず、時間帯別通勤所要時間について、アンケート調査の段階から改良を加え算出方法にも工夫を施すことにより、扱いやすく妥当なモデルの構築ができることが分かった。また集計時の現況再現性を評価するため、データのサンプリング方法の異なる2種類のモデル構築を試みたが、単純無作為抽出法モデルには集計バイアスが生じる可能性があることが分かり、また、選択肢別抽出法モデルによってその集計バイアスは改善できることが分かった。

通勤時刻選択モデルのより信頼性の高いモデルとするためには、さらに時間帯数や時間帯幅や集計方法などの検討が必要である。

参考文献

- 1) 松井寛、藤田素弘：「フレックスタイム下における通勤時刻選択行動とその効果分析」、土木学会論文集、1993
- 2) 土木学会：「非集計行動モデルの理論と実際」

表－3 選択肢別抽出法によるパラメータ推定結果

特性変数	時間帯	パラメータ	t 値
定数項	6時台	0.148	*****
	7時台	4.690	*****
	8時台	5.850	*****
通勤所要時間	共通	-0.137	-5.840
年齢(才)	7時台	-0.029	-1.550
	8時台	-0.071	-3.310
技術職ダミー	6時台	7.070	0.920
	7時台	5.190	0.675
通勤距離	6時台	0.046	1.230
	7時台	0.042	1.260
尤度比	ρ^2		0.337
サンプル数			231