

時間帯別通勤時刻分布・配分同時モデルの開発

松井 寛*・藤田素弘**

本研究では、通勤ドライバーが交通渋滞に反応して通勤時刻を選択する挙動を多項ロジットモデルで表現し、それを時間帯別交通量配分に組み込んだ時間帯通勤時刻分布・配分同時モデルを開発した。本モデルは、時間帯別交通量予測の精度向上に役立つのみにとどまらず、通勤時刻選択モデルをさらに工夫しさえすれば、各種の交通運用計画への適用が可能となろう。

Keywords : traffic assignment, departure time rate, commuter traffic, multinomial logit model

1. はじめに

毎朝自宅から自動車通勤するドライバーは、過去の経験から家を何時に出発すれば渋滞時間が何分程度になるかおおよそ知っているものと思われる。このときドライバーは渋滞時間帯と会社の始業時刻および他の私的活動とを考慮し、自分に最も都合のよい通勤時刻を選ぶことになる。本研究ではその渋滞時間がドライバーの通勤時刻選択（本研究では1時間単位の時刻選択）に与える影響に焦点を当て、それを考慮したピーク時交通量予測システムの構築を目指す。著者らが今までに開発してきた時間帯別交通量配分モデル^{1)~3)}では、時間帯別OD交通量を与件としており、このようなドライバーの通勤時刻選択挙動までは考慮されていない。

そこで本研究では、一般道路ネットワークでの交通量予測を特定時間帯で行うことを目的とした時間帯別交通量配分の視点をさらに広げ、時間帯別に交通量配分を行いながら、道路混雑状況によって変動するドライバーの通勤時刻選択を考慮して時間帯別OD交通量をも同時推定できる時間帯別通勤時刻分布・配分同時モデルの開発を行うものである。本モデルは、ただ単に時間帯別交通量予測の精度を向上させるのみにとどまらず、各種の交通運用計画への適用が可能となろう。よって本研究ではまず、現状データによって通勤時刻選択モデルを作成するとともに、これを組み込んだ通勤時刻分布・配分同時モデルを開発し、現状の実績再現性を分析することを通してその妥当性および実用性を探るものである。

2. 従来の研究と本研究の概要

本研究では、通勤ドライバーが道路混雑に反応して通

勤時刻を自ら選択するモデルを目指す。そのような通勤時刻と経路上の渋滞時間との関係をモデル化した論文はいくつか存在する^{4)~7)}。しかし、それらはいずれもより短い時間間隔におけるミクロな分析を目的とした動的モデルとなっているため、本研究のように実際の大規模ネットワークを対象とした交通需要予測には適用できない。文献8), 9)は非集計モデルによって通勤時刻選択およびモード選択を分析していることで興味深い。しかしこれらはアクティビティ分析的な立場からモデルを作成しており、本研究の目的のように交通量配分と結合して需要予測を行えるものにはなっていない。

よって本研究では、朝のピーク時間帯を対象にこの時間帯の全需要交通量を通勤目的以外の出発時刻を固定した層と通勤目的で始業時刻という制約はありながらも、ある程度自由に出発時刻を選択できる層とに分け、図-1のようなモデル構築を行う。本モデルでは図-1左側の出発時刻を固定している各時間帯別OD交通量（通勤目的以外で、隣り合う時間帯での交通量の保存条件³⁾を考慮）と、図-1右側の通勤目的で自由に通勤時刻を決定できるドライバーの全OD交通量および、通勤時刻選択モデル（集計型多項ロジットモデルによって作成）を与件とする。このとき、通勤目的の変動可能な時間帯別OD交通量は、交通量配分によって得られたネットワークの混雑状況（所要時間）を、通勤時刻選択モデルに入力することによって決定されるが、本研究ではその所要時間の変化とOD交通量の変化を内生的に取り扱い、整合性のとれた通勤時刻分布・配分同時モデルを提案する。

本研究の構成は次のようになる。3.では、時間帯別配分特有の交通流の保存条件³⁾を考慮して個人データを集計するときの、時刻の設定方法とその意味について考察する。4.ではその時刻に基づいて、ドライバーの通勤時刻選択モデルを構築し、5.でその通勤時刻選択モ

* 正会員 工博 名古屋工業大学教授 社会開発工学科
(〒466 名古屋市昭和区御器所町)

** 正会員 工博 名古屋工業大学助手 社会開発工学科

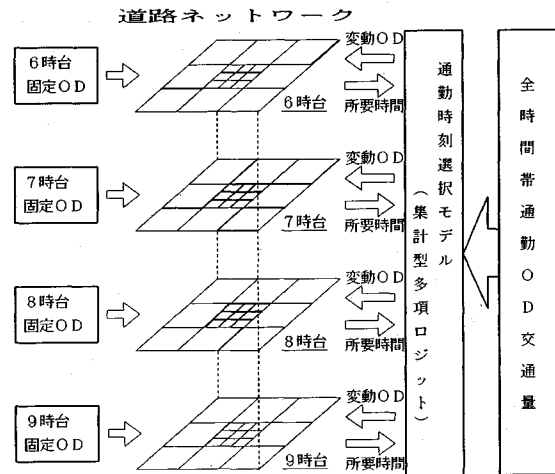


図-1 通勤時刻分布・配分同時モデルの構造

デルを内生的に組み込んだ通勤時刻分布・配分同時モデルを開発する。6.では、本研究で開発したモデルを実際の道路ネットワークに適用することによって、本モデルの実績再現性等を検証する。

3. 交通流の保存条件を考慮した個人データの集計法

本研究では、以下の仮定を前提とする。

仮定1：時間帯の幅(T ：本研究では60分) $>$ 最長トリップ時間、を満足する。

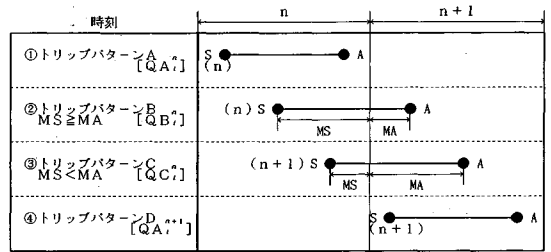
仮定2：各OD交通量はセントロイドから同一時間帯中で一様に発生し、経路上に一様に分布する。

仮定1については、交通流の定常性を保証するものとして、これを満たす T を設定することが必要といえるが、計算上だけに関していえば、最長トリップ時間は時間帯の幅 T の2倍の時間(式(1)より、 $Q_i^n > C_i^n Q_i^n / 2T$ が保たれる条件)までは許容できる。

(1) 時刻の設定方法

ここでは、次章以降の通勤時刻選択モデルや、通勤時刻分布・配分同時モデルにおいて適用されている時刻の設定方法について説明する。パーソントリップ調査の個人データを用いて時間帯別にOD交通量等を集計する場合には、出発時刻に基づいて集計するか、到着時刻に基づいて集計するかによって、時間帯別の値が異なってくるが、本研究では交通流の保存条件を³⁾を考慮して、その時刻を以下のように定義する。

本研究では、上記仮定1より、基本的にトリップ長が1時間帯以上になるデータは取り扱わないが(そのようなデータがないように時間帯幅を長くする)、そのとき図-2のような4つのトリップパターンが考えられ、そのそれぞれについて、次のように時刻を設定する。



注) 左図中[]内は、式(2)上の説明参照。右図中 (n) 、 $(n+1)$ は、設定される時刻。

図-2 隣り合う時間帯での交通流の保存条件を考慮した時刻の設定

①や④のように出発時刻と到着時刻が同一時間帯の場合は、その時間帯をそのトリップデータの時刻とする。
②、③のように2つの時間帯にまたがるトリップは次のように設定する。出発時刻(S)から、 n 時間帯の終端までの時間を MS 分とし、 $n+1$ 時刻の始めから、到着時刻(A)までを MA 分とすると、②のように $MS \geq MA$ のデータは、 n 時刻とし、③のように $MS < MA$ のデータは、 $n+1$ 時刻とする。すなわち、2つにまたがる時間帯のうち、どちらか多く存在している時間帯をそのデータの時刻とする。このように時刻を設定して個人データを集計すれば、交通流の保存条件を考慮して時間帯別OD交通量等を求めることができることを次節にて示す。

(2) 交通流の保存条件を考慮したOD交通量の集計

本研究における交通流の保存条件のための修正方法は、文献1)、3)で提案したOD修正法の方法と基本的に同じである。

ここで、

Q_i^n ： i ODペアにおける n 時間帯に出発するOD交通量

C_i^n ： n 時間帯 i ODペアの最短経路所要時間

(等時間原則下で、OD間で使われている全ての経路で等しい値)

T ：時間帯の幅

H_i^n ： n 時間帯における i ODペアの交通流の保存条件のための修正後のOD交通量

とすると、そのOD修正法は、下記の式のように表現される H_i^n を用いて時間帯別交通量配分を行うものである。

$$H_i^n = \frac{C_i^{n-1}}{2T} Q_i^{n-1} + Q_i^n - \frac{C_i^n}{2T} Q_i^n \dots \dots \dots (1)$$

すなわち、図-3でわかるように、より現実的な断面交通量分布(実線)を与えるリンク修正法³⁾に比べて、OD修正法では経路上に平均的な断面交通量分布(点線)を与えるものとなっている。

さて、図-2のトリップパターンB(またはC)で $n(n+1)$ 時間帯として設定されるトリップをPT調査

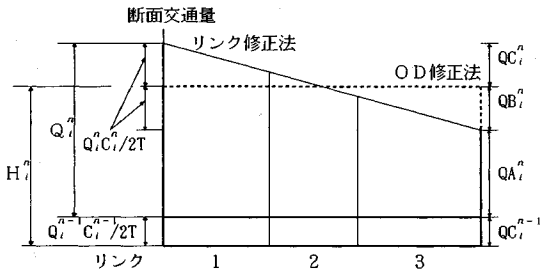


図-3 各リンクの断面交通量分布 (OD 間の経路が 1 本の場合)

によって集計して得た、 i OD ペアの OD 交通量を QB_i^n (QC_i^n) とすると次式が成立する。

$$Q_i^n C_i^n / 2T = QB_i^n = QC_i^n = (Q_i^n - QA_i^n) / 2 \dots\dots\dots (2)$$

仮定 2 の下で、トリップパターンの B と C が同じ確率で生起しているとする、式 (2) の各辺はいずれも n 時間帯に出發しても、その時間帯中に目的地に到達できない OD 交通量を $1/2$ したものとなっていることがわかる。結局 H_i^n は、式 (1), (2) より、次式のように置き換えることができる (図-3 右側)。

$$H_i^n = QC_i^{n-1} + Q_i^n - QC_i^n \dots\dots\dots (3)$$

よって、上式の H_i^n を用いて交通量配分を行えば、交通流の保存条件を考慮した時間帯別交通量を求めることができる。ところで、式 (3) のように個人データのみを用いて交通流の保存条件のための修正後の OD 交通量を求める方法は、文献 (3) の簡易 OD 修正法 (式 (2) の右端の式を用いて式 (3) を構成する方法) とほとんど同じ方法となっている。すなわち、すべての OD 交通量を式 (3) によって与えるならば、簡易 OD 修正法の交通量配分結果とほぼ同じ結果が得られることになる。その場合には、簡易 OD 修正法が分割配分法を用いているにもかかわらず、十分実用的な結果を得られることがわかっていることから、式 (3) を用いた時間帯別交通量配分もまた十分実用的であると考えられる。

4. 通勤時刻選択モデルの構築

ドライバーの通勤時刻選択モデルを次式で表される集計多項ロジットモデルによって構築する。

$$P_n = \text{EXP}(V_n) / \sum_s \text{EXP}(V_s) \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 P_n : ドライバーが時刻 n を通勤時刻として選択する確率、 V_n : 時刻 n の効用

本研究では 6 章の適用計算で対象とする豊田市のデータを昭和 56 年度中京都市圏パーソントリップ調査より集計してモデルを構築する。本研究で対象とする時間帯は時間帯の幅が 60 分で 6~9 時の 4 時間帯とするが、これは 5 時以前、10 時以降の通勤目的データが全時刻の 1% 程度であったことによるものである。各データに当

表-1 通勤時刻選択モデル

	パラメータ	t 値
6 時台ダミー	-1.45	12.9
7 時台ダミー	0.45	4.2
8 時台ダミー	0.93	8.5
所要時間 (分)	-0.017	5.8
最小所要時間 (分)	9 時台	-0.012
		5.5
製造業	8 時台	-7.35
	9 時台	-3.04
運輸・通信業	6 時台	4.61
	7 時台	2.20
サンプル数	1214	
重相関係数	0.88	

注) 最小所要時間は、5. の配分ネットワークにおける交通量ゼロ時の OD 間所要時間 (選択肢固有変数)

てはめる時刻は、3. (1) の時刻の設定方法によって決定するが、それは 5. において式 (4) の確率を用いて求められる時間帯別 OD 交通量が式 (3) と同様に交通流の保存条件を満たすことを考慮するためである。変数には、各時間帯別ダミー、各時間帯別所要時間、最小所要時間、個人属性、産業別割合 (ここで産業別とは農林水産業、建設・鉱業、製造業、卸売業、小売業、金融・保健・不動産業、運輸・通信業、電気・ガス・水道業、サービス業、公務で、全時間帯の平均値で与える) 等を用い、重回帰分析によって式 (4) のパラメータを推定した。変数を入れ替えてモデルをいくつか作成した結果、交通量配分に組み込むことができる簡便で実用的なモデルとして表-1 のようなモデルが得られた。表より産業別変数には製造業、運輸・通信業が採用されており、そのパラメータの符号から、これらの業種では朝早い時間帯ほど通勤する割合が多いことがわかる。これらの産業変数であれば近未来予測する場合にも時系列分析等によって予測可能であろう。所要時間の符号は負となっており、所要時間が大きい時間帯程効用が低くなり、OD 交通量は少なくなるという妥当な結果となっている。また、実質的に OD 間距離を表現している最小所要時間 (9 時台) は符号が負になっており、距離が遠い程早く出発することがわかる。全体としてどの変数の t 値も有意水準 1% で有意となっており、重相関係数も 0.88 と高いことから、比較的精度の良いモデルとなっていることがわかる。

5. 通勤時刻分布・配分同時モデル

ここでは通勤時刻分布・配分同時モデルを定式化す

表-2 交通流の保存条件を考慮した時間帯別 OD 交通量の集計

	集計単位	集計方法
通勤目的の全時間帯 OD [G_i]	対象とする全時間帯	3.(1)で定義される時刻を与えて集計
通勤目的以外の固定 OD [H_i]	各時間帯別	3.(1)で定義される時刻を与えて集計

注) [] 内は、数式で用いている記号

る。本モデルでは、配分に入力する OD 交通量を表-2のように、① 通勤目的の全 OD 交通量と、② 通勤目的以外のトリップで時間帯が固定されている時間帯別 OD 交通量とに区別して集計する。表-2の各 OD 交通量および表-1の通勤時刻選択モデルでは、3.(1)で定義される時刻を各データに与えながら集計しているため、これらによって与えられる OD 交通量は隣り合う時間帯での交通流の保存条件を満足する時間帯別 OD 交通量となる。以上のことを与件として以下モデルの定式化を行う。

(1) モデルの定式化

通勤時刻分布・配分同時モデルの構造は図-1で説明したとおりだが、このモデルは以下のような数理最適化問題として定式化できる。

$$\text{Min: } F_1 = \sum_n \sum_a \int_0^{x_a^n} C_a(y) dy + \sum_n \sum_i \int_0^{g_i^n} \frac{1}{b} \left(\ln \frac{z}{G_i} - a_i^n \right) dz \quad (5)$$

$$\text{s.t. } \sum_k f_{ik}^n - g_i^n = 0 \quad (6)$$

$$\sum_k h_{ik}^n - H_i^n = 0 \quad (7)$$

$$x_a^n = \sum_i \sum_k \delta_{ika}^n (f_{ik}^n + h_{ik}^n) \quad (8)$$

$$\sum_n g_i^n - G_i = 0 \quad (9)$$

$$f_{ik}^n \geq 0, h_{ik}^n \geq 0, g_i^n \geq 0, x_a^n \geq 0 \quad (10)$$

ここで、

x_a^n : n 時間帯におけるリンク a のリンク交通量

$C_a(\cdot)$: リンク a のリンクパフォーマンス関数

g_i^n : n 時間帯における i OD ペア間の交通流の保存条件のための修正後の OD 交通量で通勤目的の変動 OD

H_i^n : n 時間帯における i OD ペア間の交通流の保存条件のための修正後の OD 交通量 (式 (3)) でその時間帯における通勤目的以外の固定 OD

f_{ik}^n : OD 交通量 g_i^n に対する経路 k の経路交通量

h_{ik}^n : OD 交通量 H_i^n に対する経路 k の経路交通量

G_i : g_i^n の全時間帯における総和 (表-2の上

段)

a_i^n : 表-1における n 時間帯の所要時間以外の変数における[係数×変数値]の総和

b : 表-1における所要時間の係数の絶対値

$$\delta_{ika}^n: \begin{cases} 1: \text{リンク } a \text{ が } i \text{ OD ペア間経路 } k \text{ に含まれるとき} \\ 0: \text{そうでないとき} \end{cases}$$

ここで、式 (5) は $g_i^n=0$ のとき $g_i^n \log g_i^n=0$ と仮定している。式 (5) は Beckmann らが提案した需要変動型の交通均衡問題に指数関数の需要関数を当てはめて定式化したモデル^{10)~13)}と類似の形となっているが、それら従来のモデルでは日単位の交通需要予測を対象としており、主に発生・集中交通量を制約条件としてゾーンペア間で変動する分布交通量を考慮しながら交通量配分することを目的としているのに対し、本研究のモデルでは対象とするピーク時の全時間帯 OD 交通量を制約条件として、時間帯間で変動する分布交通量を考慮しながら時間帯別交通量配分することを目的としているため、本モデルは次のような特徴を持ち、従来のモデルとはその定式化および内容においてかなり異なる。

すなわち、本モデルの特徴としては、① OD 交通量 g_i^n の制約条件が式 (9) の一つだけであること、② リンクパフォーマンス関数 $C_a(x_a^n)$ が全時間帯の f_{ik}^n, h_{ik}^n に関して等しいため、式 (5) のヤゴビ行列が対称となること、③ 多項ロジットモデルを需要関数として組み込んでいることなどが挙げられる。

さて、本問題を解くことによって、通勤時刻分布と、配分交通量を同時に求められることを以下に示す。

式 (5)~(9) についてラグランジュ関数 F_2 を導入する。

$$F_2(f, g, \lambda, \nu) = F_1(f, g) - \sum_i \lambda_i^n \{ \sum_k f_{ik}^n - g_i^n \} + \sum_i \lambda_i^n \{ \sum_k h_{ik}^n - H_i^n \} + \sum_i \nu_i \{ \sum_n g_i^n - G_i \} \quad (11)$$

ここに、 $\lambda_i^n, \lambda_i^n, \nu_i$ はラグランジュ乗数である。

式 (5) の最小化問題において f_{ik}^n と g_i^n を独立変数とすると、この問題の最適性の条件は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} h_{ik}^n (C_{ik}^n - \lambda_i^n) &= 0 \\ C_{ik}^n - \lambda_i^n &\geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

$$\left. \begin{aligned} f_{ik}^n (C_{ik}^n - \lambda_i^n) &= 0 \\ C_{ik}^n - \lambda_i^n &\geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

$$\left. \begin{aligned} g_i^n \left\{ \frac{1}{b} \left(\ln \frac{g_i^n}{G_i} - a_i^n \right) + \lambda_i^n + \nu_i \right\} &= 0 \\ \frac{1}{b} \left(\ln \frac{g_i^n}{G_i} - a_i^n \right) + \lambda_i^n + \nu_i &\geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

以下、式 (6)~(10) に同じ

ここで C_{ik}^n は n 時間帯の i OD ペア間経路 k の経路所要

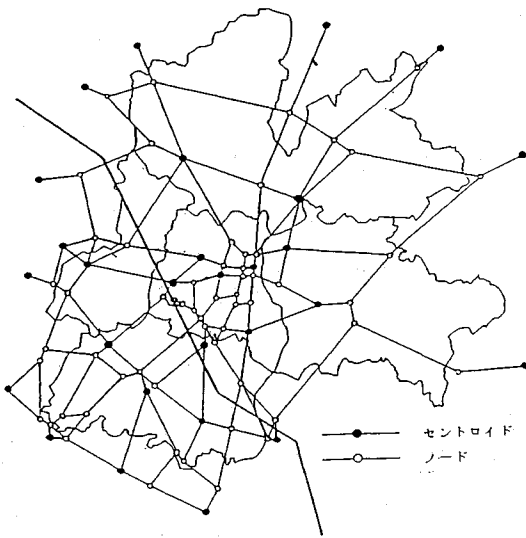


図-4 分析に用いたネットワーク

時間 $\sum \delta_{ika} C_a(x_a^n)$ であり、式 (12), (13) は等時間原則の定義を表している。

$g_i^n > 0$ とすると、式 (14) は、

$$\frac{1}{b} (\ln \frac{g_i^n}{G_i} - a_i^n) + \lambda_i^n + \nu_i = 0 \quad (15)$$

で表される。上式はさらに、

$$\frac{g_i^n}{G_i} = \frac{\text{EXP}(a_i^n - b\lambda_i^n)}{\text{EXP}(b\nu_i)} \quad (16)$$

のようになる。

ここで、上式について n で和をとり、式 (9) を考慮して、上式右辺の分母を整理すると、結局、

$$g_i^n = \frac{\text{EXP}(a_i^n - b\lambda_i^n)}{\sum \text{EXP}(a_i^n - b\lambda_i^n)} G_i \quad (17)$$

となり、 λ_i^n は式 (13) より n 時間帯の最短経路所要時間を表すから、式 (17) は式 (4) そのものとなることわかる。式 (17) より、初期値が $g_i^n > 0$ となっていれば、数値計算上 $g_i^n = 0$ ということはないため、これを考慮する必要はない。

以上により、式 (5) の最適化によって、式 (17) による時間帯別 OD 交通量と等時間原則に基づいて配分されたリンク交通量が同時に得られることがわかる。解の一意性については式 (5) の第 1 項のリンクパフォーマンス関数と、第 2 項の積分の中の式が単調増加関数であることより保証される。

(2) 計算アルゴリズム

各時間帯の所要時間が決定されれば、式 (9) の制約条件を満たす時間帯別 OD 交通量が式 (17) より一意的に得られることから、式 (5) で示される通勤時刻分布・配分同時モデルは F-W 法を利用する一般的な需要変動型均衡問題¹⁰⁾ のアルゴリズムを少し変えることに

よって解くことが可能である。すなわち本モデルの計算アルゴリズムは次のようになる。

Step 1 分析の対象とする時間帯を定め、表-2のように各 OD 交通量を求める。また、各時間帯の内々交通量³⁾を計算し、あらかじめ各リンクのパフォーマンス関数に負荷しておく。

Step 2 $k=1$ として初期実行可能解 $g_i^{n(k)} (> 0)$, $x_a^{n(k)}$ を与える。

Step 3 $x_a^{n(k)}$ に応じたリンク所要時間を計算し、最短経路探索によって、最短経路 k の全時間帯各 OD 間の $C_{ik}^{n(k)}$ を求める。

Step 4 $C_{ik}^{n(k)}$ を式 (17) の λ_i^n に代入して \bar{g}_i^n を求める。

Step 5 各時間帯の最短経路に $(H^n + \bar{g}_a^n)$ をすべて負荷する All-or-nothing 法により \bar{x}_a^n を求める。

Step 6 あらかじめ設定した $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ に対して、

$$(a) \sum_n \sum_a (\bar{x}_a^n - x_a^{n(k)}) C_a(x_a^{n(k)}) \leq \varepsilon_1$$

$$(b) \max_{n,a} |(\bar{x}_a^n - x_a^{n(k)}) / x_a^{n(k)}| \leq \varepsilon_2$$

$$(c) k > K \text{ (} K \text{ は任意に与える)}$$

のいずれかを満足するならば、 $x_a^{n(k)}$ に内々交通量を加えてリンク交通量を求め終了する。

Step 7 $g_i^n = \alpha^{(k)} g_i^{n(k)} + (1 - \alpha^{(k)}) \bar{g}_i^n$

$$x_a^n = \alpha^{(k)} x_a^{n(k)} + (1 - \alpha^{(k)}) \bar{x}_a^n$$

とおき、1 次元探索によって目的関数式 (5) を最小にする結合パラメータ $\alpha^{(k)}$ を求める。

Step 8 $g_i^{n(k+1)} = \alpha^{(k)} g_i^{n(k)} + (1 - \alpha^{(k)}) \bar{g}_i^n$

$$x_a^{n(k+1)} = \alpha^{(k)} x_a^{n(k)} + (1 - \alpha^{(k)}) \bar{x}_a^n$$

により、OD 交通量、リンク交通量の修正を行う。

Step 9 $k=k+1$ において Step 3 へ戻る。

6. 適用結果と考察

本研究で提案した通勤時刻分布・配分同時モデルを実際の道路網に適用し、その適合度分析を行う。比較のため文献 (1) で提案した OD 修正法も同様に配分する。適用計算は豊田市の道路網で行い、28 セントロイド、88 ノード、278 リンクの中規模のネットワークを用い(図-4)、リンクパフォーマンス関数には修正 BPR 関数¹⁾を用いる。時間帯別 OD 交通量は昭和 56 年度パーソントリップ調査のマスターテープから表-2 のように集計する。時間帯別の幅は 60 分とし、対象時間帯は 4. で述べたように 6~9 時の 4 時間帯とする。得られた分析結果を以下に示す。

① 収束状況

5.(2) のアルゴリズムの収束状況を図-5 に示す。図より目的関数は順調に収束しており、30 回程度の反復回数でかなり収束していることがわかる。

② 通勤時刻分布の適合度

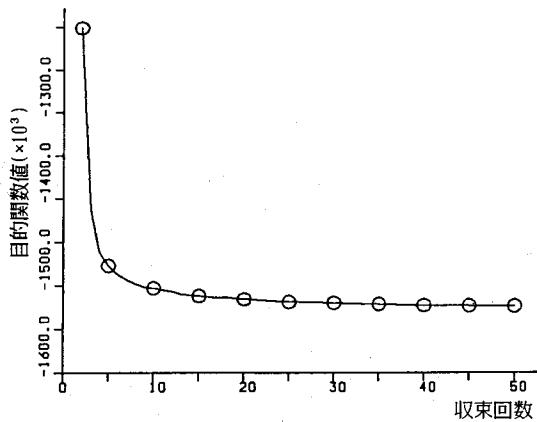


図-5 目的関数の収束状況

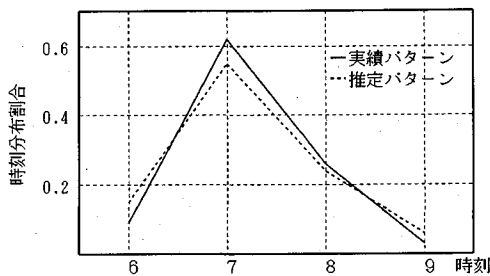
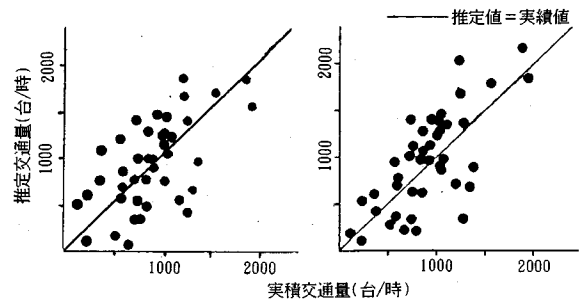


図-6 通勤時刻分布パターン

図-6の点線は、通勤時刻分布・配分同時モデルによって推定された通勤目的全OD交通量の時刻分布パターンを示している。本モデルによるパターンは実績パターン（実線）と比べて6時台でやや過大に7時台でやや過小になる傾向がある。これは各時間帯の所要時間を求めるリンクパフォーマンス関数（修正BPR関数）の容量付近の勾配が実際よりも急なことも原因の一つであると考えられるが、この点を考慮して工夫すれば改善の余地があるかもしれない。ただし、この精度については次のリンク交通量の適合度をみて判断する必要があるが、6～9時の総OD交通量のみを与え、そこから配分を通して時間帯別OD交通量を求めていったことを考慮すれば、本モデルの時刻分布パターンの推定精度は十分良好であると思われる。

③ リンク交通量の適合度

表-3は、通勤時刻分布・配分同時モデルとOD修正法の両モデルによって推定されたリンク交通量の適合度を示している。7時台では、OD修正法の方がRMS誤差が小さく適合度がよくなっている。しかし両者の精度に大きな差はなく、通勤時刻分布・配分同時モデルのRMS誤差（395）の値は、過去の文献（1）において今回と同一の条件で時間帯別配分を行っている簡易OD修正法のRMS誤差（677）、修正なしの配分のRMS誤



(a) 時刻分布・配分同時モデル (b) OD修正法

図-7 7時台のリンク交通量の適合度

表-3 リンク交通量（台／時）の適合度（RMS誤差）

	時刻分布・配分同時モデル	OD修正法
7時台	393	367
8時台	371	396
9時台	248	278

表-4 計算容量（REGION）および計算時間

	時刻分布・配分同時モデル	OD修正法
REGION (KB)	763	182
計算時間（秒）	15.7	12.6

注）計算時間は FACOM M382 によるもの

差（597）に比べればかなり良いといえる。図-7の7時台についての実績値と推定値の散布図をみても両手法で精度的にあまり差がないことがわかる。さらに、8、9時台では、時刻分布・配分同時モデルの方が精度が良くなっており、結局全体的にみると、両手法とも変わらないか、あるいは通勤時刻分布・配分同時モデルの方が精度が良い結果となっている。ところで、OD修正法は時間帯別OD交通量の実績値を用いて均衡配分するため、理論上では通勤時刻分布・配分同時モデルよりも精度が良くなるはずであるが、このような結果になったのは、時間帯別交通量配分モデルに一律に課せられる仮定1（3.）が完全には成立しておらず1時間帯の間でもOD交通量の発生分布に偏りがあるため、この場合には各時間帯ODを固定して配分するOD修正法の方がその影響を受けやすいのに対し、各時間帯の所要時間差に基づいて全OD交通量を各時間帯別に分布させる時刻分布・配分同時モデルではそのようなもとのODデータの偏りを比較的弾力的に吸収し、より実際に促した交通量予測ができるためと考えられる。またこの結果より、②の通勤時刻分布の適合度は十分実用的な精度であることがわかった。

④ 計算時間、計算容量（表-4）

通勤時刻分布・配分同時モデルは対象とするすべての

時間帯で同時に配分を行う必要があるため、計算容量において OD 修正法よりもかなり大きくなっている。しかし、計算時間では、両モデルにおいて 6~9 時台を一度に配分するか、各時間帯別に段階的に配分するかの違いの程度しかないことから、両モデルで大きな差はみられない。

以上の結果から、通勤時刻分布・配分同時モデルは、現状分析においても良好な精度で交通量予測ができることがわかり、計算時間も比較的少ないことがわかった。また、通勤目的 OD 交通量は 6~9 時の全 OD 交通量を推定すればよいから、将来予測において時間帯別 OD 交通量を推定する際の作業量および予測値の信頼性の向上に役立つと思われることを考慮すれば、本研究で開発した通勤時刻分布・配分同時モデルは十分実用的なモデルであるといえよう。

7. 結論と今後の課題

本研究では通勤時刻分布・配分同時モデルの開発と実用化についての研究を行った。本研究で得られた結論と今後の課題は以下の通りである。

(1) 隣合う時間帯での交通流の保存条件を考慮して、P. T. 調査などの個人データを時間帯別に集計できる時刻の設定方法について考察した。

(2) ドライバーの通勤時刻選択モデルを集計型多項ロジットモデルで構築したが、その精度も良好であった。

(3) 通勤時刻選択モデルを時間帯別交通量配分モデルに組み込んだ通勤時刻分布・配分同時モデルを開発し、その解の唯一性、計算アルゴリズムを示すことができた。

(4) 本モデルを実際のネットワークに適用し、OD 修正法と比較した結果、リンク交通量の推定精度において本モデルは OD 修正法と変わらないかむしろ良い精度であることがわかった。計算時間や将来予測の際の信頼性を考慮すれば、通勤時刻分布・配分同時モデルは十分実用的なモデルであることがわかった。

本研究では特に自動車通勤者にしばって分析したが、マストラ通勤者に対しても本モデルを応用するなど、今後は手段別分担も含めた同時推定モデルを構築していく必要がある。また、特に現在普及しつつあるフレックスタイム制度の交通混雑緩和効果の評価モデルへの通勤時刻分布・配分同時モデルの応用は本モデルにとっての早急なテーマといえる。

最後に、本研究の遂行に当たって名古屋大学河上省吾教授を座長とする交通問題研究会の先生方から多くの有益な助言を頂いた。ここに感謝申し上げます。また研究を進めるにあたって石田財団の助成金を受けた。ここに感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 藤田素弘・松井寛・溝上章志：時間帯別交通量配分モデルの開発と実用化に関する研究，土木学会論文集・IV，No. 389，pp. 111~119，1988.
- 2) 藤田素弘・山本幸司・松井寛：渋滞を考慮した時間帯別交通量配分モデルの開発，土木学会論文集・IV，No. 407，pp. 91~100，1989.
- 3) 藤田素弘・山本幸司・松井寛：時間帯別分割配分法の開発と実用化，交通工学，Vol. 25，No. 5，pp. 25~33，1990.
- 4) C. Hendrickson, G. Kocur : Schedule Delay and Departure Time Decision in a Deterministic Model, Transportation Science, Vol.15, No.1, February, 1981.
- 5) Ben-Akiva : Dynamic Model of Peak Period Traffic with Elastic Arrival Rates, Trans. Sci, Vol.20, No.2, pp.164~181, 1986.
- 6) Attahiru Sule Alfa : Departure Rate and Route Assignment of Commuter Traffic During Peak Period, Trans. Res., Vol.23B, pp.337~344, 1989.
- 7) R. Arnott, A. de Palma, R. Lindsey : Departure Time and Route Choice for the Morning Commute Trans, Res., Vol.24B, pp.209~228, 1990.
- 8) Hendrickson, C. and Plank, E. : Flexibility of departure Times for Work Trip, Transportation Research, Vol.18A, No.1, pp.25~36, 1984.
- 9) 加藤文教・門田博知・高田浩：時差出勤による交通需要の時間的分散策に関する基礎的分析，土木計画学研究・論文集，No. 5，pp.185~192，1988.
- 10) 土木学会土木計画学会研究委員会編：交通ネットワークの分析と計画：最新の理論と応用，土木計画学講習会テキスト，No. 18，1987.
- 11) Florian, M. : A traffic equilibrium model of travel by car and public transit models, Transpn. Sci., Vol.11, No.2, pp.166~179, 1977.
- 12) Florian, M. and Spiess, H. : On binary model choice assignment models, Transpn. Sci., Vol.17, pp.32~47, 1983.
- 13) Safwat, K.N.A. and Magnanti, T.L. : A Combined Trip Generation, Trip Distribution, Model Split and Trip Assignment Model, Trans, Sci., 18(1), pp.14~30, 1988. (1991. 6. 24 受付)

DEVELOPMENT OF TIME-OF-DAY TRAFFIC ASSIGNMENT MODEL COMBINED WITH PREDICTION OF COMMUTERS' DEPARTURE TIME RATE

Hiroshi MATSUI and Motohiro FUJITA

In this paper we propose a new model for estimating the departure rate and route assignment of commuter traffic during peak period in a network. This model can not only improve the estimation accuracy of hourly route assignment but also evaluate some traffic management devices for reducing traffic congestion such as flextime system, road pricing system and so on.

It is shown that the model can be formulated as a Beckmann-type user equilibrium assignment problem with a departure rate function defined by a multinomial logit model. The accuracy of estimation by the model are evaluated through the application to the real road network.
