

道路網における時間帯別交通量の推計法に関する研究

ESTIMATION OF THE TIME-OF-DAY TRAFFIC VOLUMES IN NETWORKS
BY SEMI-DYNAMIC ASSIGNMENT MODELS

宮城 俊彦* 牧村 和彦**

By Toshihiko MIYAGI and Kazuhiko MAKIMURA

In this paper we aim at developing a semi-dynamic user equilibrium model which can apply the real size of traffic networks, examining the practicability of the model. The model developed here is based on the idea that absorbed trips between any origin destination pair during given time period is represented as a function of the travel time between the OD pair at this time period and have to satisfy physical boundary conditions. On the other hand, the travel time required is a function of network performance which is influenced by the demand for travel. Accordingly, estimating of the absorbed trips at given time period is able to convert the problem for finding the so-called variable demand equilibrium in a sense. Demand functions in this case is replaced to the curves which represent the absorbed traffic at given period as a function of travel time and satisfy the physical boundary conditions. In this paper, the linear and exponential functions are assumed and comparisons of both types of functions are made.

1. はじめに

これまで発展してきた実用的なネットワーク交通需要推計モデルは、通常、1日あるいは1時間交通流を対象とし、定常的で静的な交通状態を求めることに主眼があった。こうした定常的で静的な手法は、その適用の目的が、道路建設あるいは改善の効果を評価するための基礎資料を行うためなら十分である。しかし、近年のように交通管制、交通運営管理計画のようなきめ細かい交通政策の実施効果を評価するためには、きめ細かい交通流のシュミレーションモデルが必要となり、交通政策を事前に評価するための手法がいくつか開発されてきている。その一つに動的交通配分モデルがある。

動的交通配分モデルは、これまでの多くのネットワーク配分手法が、1日あるいは1時間といった時間単位で発生する交通量を扱っているのに対し、これに時間の関数をおき、したがって、道路網上を流れるフローも時間の関数と置くモデルである。また、動的配分モデルのうち対象とする時間においてWardrop均衡原理が成立していると仮定するモデルを、動的利用者均衡モデルと呼ぶ⁴⁾。しかし、現時点では実用規模のネットワークに適用できるような動的モデルは見当たらない。松井は、動的利用者均衡モデルを実用化すべく、1日を時間帯に区別して時間帯ごとに利用者均衡が成立するような工夫を行っている。さらに、藤田、松井、溝上は、ある時間帯でネットワークに存在する交通量が、そのゾーン間の所要時間の関数になることに着目して、需要変動型ネットワーク均衡問題として定式化している。このモデルは、前の時間帯の交通のネットワーク残存量が次の時間帯のネットワーク条件に影響

*正会員 工博 岐阜大学助教授 建設工学科
(〒501-11岐阜市柳戸1-1)

**学生会員 岐阜大学工学研究科大学院 建設工学科
(同上)

するという意味では、動的モデルの性質を保持しているが、着目する時間帯の交通流動は静的配分法によって表現するため、半動的モデルと呼ぶことができよう。

本研究で提案するモデルも基本的には、藤田、松井、溝上モデルと同様の視点に立つものであるが、より一般的な半動的モデルの構築を目指している。すなわち、任意の時間帯を取り出し、その時間帯の長さとその時間帯における走行時間の関係に着目したとき、その時間帯内で目的地に吸収される量が物理的に満足しなければならない自明の境界条件が存在する。したがって、その境界条件を満足するような吸収量と走行時間の関係を設定して、これにより、時間帯ごとの吸収量、ネットワーク残存量を求めようとするもので、関数には、線形関数と指数関数を仮定する。このとき、藤田、松井、溝上モデルは線形関数を仮定したモデルになり、本研究の提案するモデルの特殊問題となる。

本研究では、2つのタイプの関数について、その適用可能性を探ることを主たる目的としている。

2. 時間帯別吸収量モデルの定式化

本研究で提案する半動的モデルの定式化の前提条件を示す。まず、1日がS個の時間帯の離散化されており、各々の時間帯をnで区別することにする。

仮定1. 全ての時間帯でWardrop均衡が成立している。

仮定2. 1個の時間帯幅Tの長さは、最長トリップ時間よりも大きい。

仮定3. 時間帯nにおいて、トリップ発生率は一様分布である。

仮定4. n-1時間帯で発生した交通量は、次の時間帯nでは、確実に目的地に吸収される。

今、n時間帯において、ODペアu間に q_u^n なる交通量が発生したとしよう。そして、時間間隔Tの間に目的地に吸収される量と考えると上述の仮定より次の関係が成立する。

$$(\text{n時間帯の吸収量}) = (\text{n-1時間帯の残存量}) + (\text{n時間帯の発生交通量}) - (\text{n時間帯の残存量}) \quad (1)$$

ここで、n時間帯だけに着目してその時間帯に吸収されるOD交通量 Q_u^n を考える。このとき、ODペアu間の所要時間 λ_u^n が0ならば、発生した交通量は瞬時に目的地に吸収されるから吸収される量は $Q_u^n = q_u^n$ である。

同様に $\lambda_u^n = T$ ならば吸収される交通量は0となる。したがって、所要時間が λ_u^n の時の吸収量に前述の条件を境界条件とする関数を設定し、仮定4を考慮するならば、図-1に示すように、n時間帯で吸収される量 Q_u^n を Q_u^n と、n-1時間帯での残存交通量の和として求めることができる。

たとえば、 λ_u^n と Q_u^n との関係を線形関数および指数関数で仮定したとき以下のような吸収量モデルを得る。

【 線形関数 】

$$Q_u^n = q_u^n - \frac{\lambda_u^n}{T} q_u^n \quad (2)$$

これより、n時間帯の未到着量は、

$$\begin{aligned} Q_u^{*n} &= q_u^{n-1} - Q_u^n \\ &= \frac{\lambda_u^{n-1}}{T} q_u^{n-1} \end{aligned} \quad (3)$$

となる。前時間帯に残存した交通量は、次の時間帯では完全にクリアされる（仮定4より）から、n時間帯での吸収交通量 Q_u^n は、次のように定式化できる。

$$\begin{aligned} Q_u^n &= Q_u^{*n-1} + q_u^n \\ &= \frac{\lambda_u^{n-1}}{T} q_u^{n-1} + q_u^n - \frac{\lambda_u^n}{T} q_u^n \end{aligned} \quad (4)$$

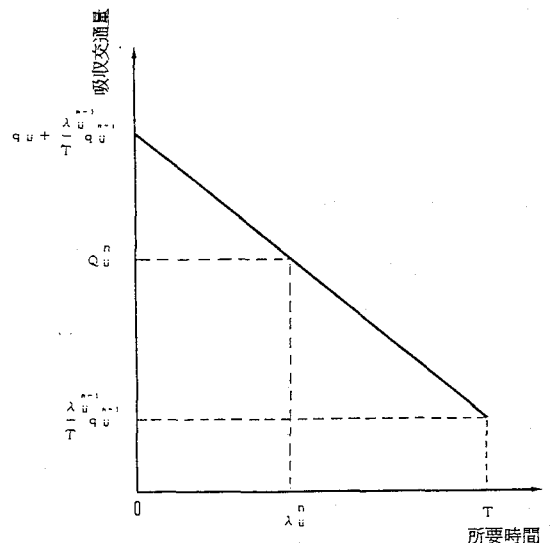


図-1 需要関数（線形関数）

式(4)において、 q_{ij}^{n-1} 、 q_{ij}^n は既知量であるが、 n 時間帯で目的値に吸収される量 Q_{ij}^n は、 $n-1$ および、 n 時間帯のそのODペア ij 間の混雑状況、すなわち、交通量に依存する所要時間 λ_{ij}^n 、 λ_{ij}^{n-1} に応じて変化する。しかし、 n 時間帯に着目したときには、未知量は、 λ_{ij}^n のみであり、したがって、 Q_{ij}^n は、吸収量が λ_{ij}^n によって表現され、かつ λ_{ij}^n に関する単調減少関数であることを示している。その意味では、交通需要関数と同じ性質を持っている。したがって本研究ではこれを一応時間帯別需要関数と呼ぶことにする。このとき、逆需要関数は、次式で与えられる。

$$D_{ij}^n(Q_{ij}^n) = \frac{T}{q_{ij}^n} \left(\frac{\lambda_{ij}^{n-1}}{T} q_{ij}^{n-1} + q_{ij}^n - Q_{ij}^n \right) \quad (5)$$

【 指数関数形 】

上述の境界条件を満足するように指数関数を設定する方法を検討する。そこで、次のような式を仮定する。

$$Q_{ij}^n = k_1 \exp(-C\lambda_{ij}^n) + k_2 \quad (6)$$

$\lambda_{ij}^n = 0$ ならば、 $Q_{ij}^n = q_{ij}^n$ より

$$k_1 + k_2 = q_{ij}^n \quad (7)$$

$\lambda_{ij}^n = T$ ならば $Q_{ij}^n = 0$ より

$$k_1 \exp(-CT) + k_2 = 0 \quad (8)$$

(7)、(8)の両方を満足する k_1 、 k_2 を求め、式(6)に代入することにより、

$$Q_{ij}^n = \frac{q_{ij}^n}{1 - \exp(-CT)} (\exp(-C\lambda_{ij}^n) - \exp(-CT)) \quad (9)$$

また、 n 時間帯の未到着量は、

$$\begin{aligned} Q_{ij}^{*n} &= q_{ij}^n - Q_{ij}^n \\ &= \frac{q_{ij}^n}{1 - \exp(-CT)} (1 - \exp(-CT)) \end{aligned} \quad (10)$$

よって、線形の場合と同様に、 n 時間帯の吸収量は以下ようになる。

$$\begin{aligned} Q_{ij}^n &= Q_{ij}^{*n-1} + Q_{ij}^n \\ &= \frac{q_{ij}^{n-1}}{1 - \exp(-CT)} (1 - \exp(-C\lambda_{ij}^{n-1})) + q_{ij}^n \\ &\quad - \frac{q_{ij}^n}{1 - \exp(-CT)} (1 - \exp(-C\lambda_{ij}^n)) \end{aligned} \quad (11)$$

このように、式(4)、式(11)は、(1)の数理表現になっている。また、逆需要関数は、

$$\begin{aligned} D_{ij}^n(Q_{ij}^n) &= T - \frac{1}{c} \ln \left\{ \frac{1 - \exp(-CT)}{q_{ij}^n} Q_{ij}^n \right\} \\ &\quad - \frac{1}{c} \ln \left\{ \frac{q_{ij}^{n-1}}{q_{ij}^n} (1 - \exp(-C\lambda_{ij}^{n-1})) \right\} \end{aligned} \quad (12)$$

3. 需要変動型均衡問題による

半動的配分モデルの定式化

さて、(4)、(11)式から明らかなように、 n 時間帯で吸収される量は未知量であり、そのODペア ij 間のその時間帯の所要時間の関数である。一方、ODペア ij 間の所要時間は、ネットワーク条件を考慮した需要-パフォーマンス均衡で与えられる。このように、各時間帯において吸収される量を決定する問題は、需要変動型均衡問題として定式化できる。時間帯の均衡問題として定式化したものを以下に示す。

$$\min Z(x, Q) = \sum_a \int_a x_a(\omega) d\omega - \sum_{ij} \int_a D_{ij}^n(Q_{ij}^n) d\eta \quad (13-a)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_k f_{kij}^n = Q_{ij}^n \quad (13-b)$$

$$\sum_{ij} \sum_a \delta_{a,ij}^n x_a f_{kij}^n = x_a \quad (13-c)$$

$$f_{kij}^n \geq 0 \quad Q_{ij}^n \geq 0 \quad (13-d)$$

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

$t_a^n(\cdot)$: リンク a のリンクパフォーマンス関数

f_{kij}^n : n 時間帯におけるODペア ij 間 k 経路の経路交通量

1: リンク a がODペア ij 間 k 経路に含

$\delta_{a,ij}^n$ まれるとき

0: その他のとき

ただし、(13-a)の目的関数の第2項の形は式(5)及び式(12)を用いる。なお、 n 時間帯のODペア ij 間の発生交通量 q_{ij}^n が0の場合には、 n 時間帯の吸収量は前時間帯の残存交通量のみとなり、定数となり

(a)線形関数では

$$\text{固定需要量 } Q_{ij}^n = \frac{\lambda_{ij}^{n-1}}{T} q_{ij}^{n-1} \quad (14)$$

(b)指数関数では

$$\text{固定需要量 } Q_{ij}^n = \frac{q_{ij}^{n-1}}{1 - \exp(-CT)} (1 - \exp(-C\lambda_{ij}^{n-1})) \quad (15)$$

が発生し、前述のBeckmannモデルを適用することができない。そのため、以下に示すような需用固定型均衡問題として、時間帯別吸収量を決定する。

$$\min Z(x) = \sum_a \int_a^{\bar{x}_a} t_a(\omega) d\omega \quad (16-a)$$

$$\text{s. t. } \sum_k f_{ku} = Q_u \quad (16-b)$$

$$f_{ku} \geq 0 \quad (16-c)$$

ここで示した需用変動型ならびに固定型均衡問題は、非線形最適化問題として表されるが、この非線形最適化問題はFrank-Wolfeの分解原理を用いて解くことができる。

ところで、式(4)、式(11)に対して次式が成立する。

$$Q_u = \sum_{n=1}^N Q_u^n = \sum_{n=1}^N q_u^n \quad (17)$$

ここに、 Q_u は、日OD交通量である。

また、各時間帯の総リンクフロー(1日分として)を求める場合には、 $n=24$ における未到着交通量を考慮する必要があり、仮時間帯(25時台)を設定し、 $q_u^{25}=0$ として、日ODフローと等しくなるための補正を行っている。

ところで、均衡問題[13]の最適解が満足すべき条件は次のように与えられる。

i) $f_{ku} > 0$ ならば

$$U_{ku} - D_u(Q_u) = 0 \quad (18)$$

ii) $U_{ku} - D_u(Q_u) \geq 0$ ならば

$$f_{ku} = 0$$

ただし、 $U_{ku} = \sum_a \partial_a f_{ku} t_a(x_a)$ において、上式(18)は、Wardrop均衡条件を示すとともに、 $D_u(Q_u) = \lambda_u$ であることを表している。このように、均衡問題[13]を解くことによって、その時間帯の吸収量 $\{Q_u\}$ 、リンク交通量 $\{x_a\}$ 、所要時間 $\{\lambda_u\}$ を同時決定することができる。また、 λ_u 及び残存交通量を用いて、次の時間帯の需要関数が構成できる。1日のリンク交通量は、各時間帯別リンク交通量の総和として与えられる。

計算手順

Step1. 時刻 s 時を配分開始時刻の原点に選び $n=s$ とし $Q_u=0$ とおく。

Step2. $m=1$ として、ゼロフロー時の所要時間最短の経路に全OD交通量を配分して、初期実行可能解 $\{Q_u^{(n)}\}$ 、 $\{x_a^{(n)}\}$ (ただし、固定需要の場合は $\{x_a^{(n)}\}$ だけ)を与える。

Step3. $\{t_a(x_a^{(n)})\}$ を用いて $x_a^{(n)}$ に応じた所要時間を計算し、最短経路探索によって各ODペア間の所要時間 $U_{ku}^{(n)}$ を求める。

Step4. $U_{ku}^{(n)}$ をモデル式の λ_u に代入することによ

ってOD交通量 Q_u^n を求める。

Step5. 最短経路に Q_u^n をすべて負荷する

All or nothing法により(固定需要量の場合は、その固定需要量) $\bar{x}_a$ を求める。

Step6. $Q_u = \alpha Q_u^n + (1-\alpha) Q_u$

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

とおき、一次元探索によって目的関数を最小にする結合パラメータ $\alpha^{(n)}$ を求める。

Step7. $Q_u = \alpha^{(n+1)} Q_u^n + (1-\alpha^{(n+1)}) Q_u$

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

により解を更新する。(固定需要の場合は $Q_u^{(n+1)} = Q_u^{(n)}$)

Step8. あらかじめ設定した ε_1 に対して

$$(i) \sum (x_a^{(n+1)} - x_a^{(n)}) C_a(x_a^{(n)}) \leq \varepsilon_1$$

$$(ii) m > M \quad (M \text{ は任意に与える})$$

(i), (ii)の計算基準のいずれかを満足するならば、Step9へ、そうでなければ $m=m+1$ とおいてStep3に戻る。

Step9. $n=n+1$ において、Step1へ戻る

Step10. 対象とする全ての時間帯でリンク交通量を計算できたら終了する。

ただし、本研究においては、仮定2より、時間帯幅 T の長さがODペア間の所要時間を越えてはならないとしているので、 $T < \lambda_u$ の場合には、以下の処置を施す必要がある。すなわち、線形関数について言えば、 n および $n+1$ の時間帯を式(4)に代わって次式で与える。

$$Q_u^n = \frac{\lambda_u^{n-1}}{T} q_u^{n-1} \quad (19)$$

$$Q_u^{n+1} = q_u^n + q_u^{n+1} - \frac{\lambda_u^{n+1}}{T} q_u^{n+1} \quad (20)$$

4. 適用結果と考察

さて、本研究で開発した二つのモデルを実際の道路網(岐阜市)に適用し、各モデルの実績再現性および実用性を検証する。ネットワークは、40セントロイド(市内29、市域外11)、202ノード、730リンクの図-2に示してあるような実用規模のネットワークを用いる。また、対象域内のアクセスリンクの所要時間を1分とした。配分に用いる時間帯別のOD交通量は、昭和56年度第2回中京都市圏パーソントリップ調査のマス

ーテープから出発時間をベースとして集計する。また、仮定2を満たす時間帯幅 T を60分とする。配分開始時刻は、午前1時、2時の交通量が0ということもあり、午前3時から配分を始め、23回の繰返しによって1日の時間帯別配分交通量としている。リンクパフォーマンス関数は以下に示す修正BPR関数($\alpha=2.62, \beta=5$)を用いた。

$$t_a(x_a) = t_a(0) \{ 1 + \alpha (x_a / C_a)^\beta \} \quad (21)$$

ここに、 $t_a(0)$:リンク交通量が0の時の所要時間

C_a :可能交通量

x_a :リンク交通量

なお、適用分析の予測精度指標には、相関係数と、不一致係数を用いた。

得られた結果を、日単位レベル、時間単位レベルの二つの視点より考察する。ただし、実績データは、日単位レベルの検討には、56年度のリンクデータ(データ数82個、片側断面交通量)を用い、時間単位レベルの検討には、昭和58年度の時間帯別(12時間)の実測リンクデータ(データ数60個、各時間帯の片側断面交通量)を用いた。また、総交通量の整合性に関する検討も同時に行う。

さらに、 $T < \lambda_{ij}$ の場合の処置方法の正当性の検討を、BPR関数($\alpha=0.15, \beta=4$)を用いて $T < \lambda_{ij}$ が生じない場合と、修正BPR関数を用いて $T < \lambda_{ij}$ が生じる場合で比較検討を行う。

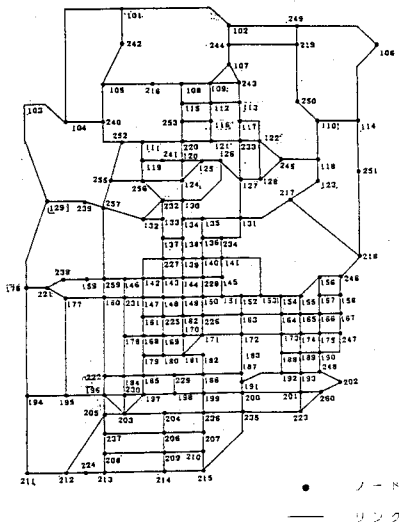


図-2 岐阜市のネットワーク図

(1) 日単位レベルでの比較

ここでは、既存配分手法と、本研究で提案した二つのモデル(時間帯別交通量の累積)との精度比較検討を行う。ただし、既存配分手法に関しては、通常の配分によって推定した日交通量(既存配分手法A)と、時間帯別の配分結果を累加して推定した日交通量(既存配分手法B)の二種類を用いた。ただし、手法Bでは、前の時間帯の残存交通量は考慮されておらず、その時間帯のOD交通量を単純に配分しているだけである。また、域内外部ゾーン間の配分に関しては、内外ゾーン間の時間帯別分布交通量が得られなかったことと、アクセスリンクの所要時間の設定に関して問題があるため、対象域内のみ配分を行った。そのため、実績値と推定値には歪を生じると思われるが、同一条件下の配分法の比較であり、傾向を分析することは可能であると判断した。

表-1の日単位レベルでの適合度比較をみると、両モデルとも、既存の配分手法Aより良い結果が得られ、また、既存の配分手法Bとほぼ同等の精度が得られた。図-3の実績値と推定値の相関図をみても、既存配分手法Aが、実績交通量が多いところで、かなり過小推定しているところを、本モデルは、改善しており、本モデルの方が、45°の直線に均等に散らばっているのがわかる。また、指数モデルでの最適パラメーターCの値は、0.05前後であるが、精度の点から言えば指数モデルより、線形モデルの方が良い結果を与えている。相関図をみると、ほぼ同じような結果を示しているのがわかるが、指数モデルは、パラメーターCの値を変えることによって、様々な交通流を表現することが可能であり、より現実的なモデルと言えるであろう。ここで興味深いことは、既存の配分手法A、Bの精度を比較してみると、相関係数にして0.585, 0.656と、明らかに各時間ごとの総和としての日交通量で機能させた方が良いことがわかる。これは、言い換えれば、パフォーマンス関数の日容量の設定方法に問題があることを指摘するものである。今回提案したモデルとも、1日単位として機能させた場合、期待したほどの精度は得られなかった。これは、オフピーク時での配分精度の悪さがかなり影響していると思われ、この点を解消することによって、予測精度の向上が期待される。

次に、総交通量に注目してみると、指数モデルでの

パラメーターC値が2.0のときには計算値と実績値がほぼ等しくなっているが、それ以外は、過大推定していることが分かる。しかし、いずれも、実測値の4%未満であり、計算誤差を考慮に入れば、問題ない範囲といる。よって、理論的にも、実証的にも保証できるといえよう。

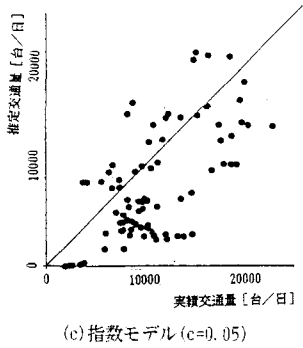
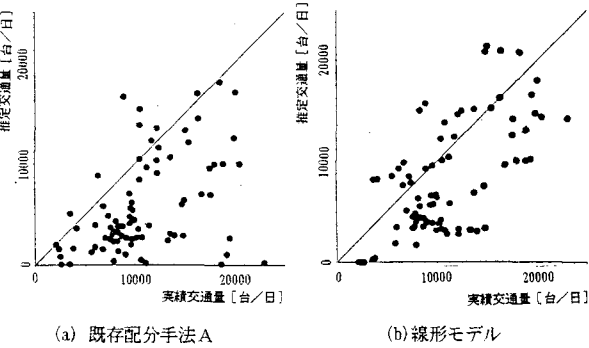


図-3 日単位レベルでの相関図

(2) 時間単位レベルでの比較

A. ピーク時(8時台)の適合度比較

表-2をみてみると、指数モデルでは、パラメーターC値が0.03の場合が最もよく推定しているが、指数モデルよりも、線形モデルの方が精度が良いといえる。また、図-4の相関図をみてみると、本モデルは、既存配分手法で、実績交通量が多いところで過小評価しているところを、改善している点で、既存配分手法よりも優れているといえる。これは、前時間帯の残存交通量を考慮したためと思われる。

表-2 ピーク時(8時台)の適合度比較

	既存配分手法	線形モデル	指数モデル (ITERATION=10)				
			C= 2.0	C= 1.0	C= 0.07	C= 0.05	C= 0.03
相関係数	0.559	* 0.420	0.343	0.343	0.361	0.393	0.405
不一致係数	0.449	* 0.330	0.364	0.352	0.346	0.337	0.333

* 最良値

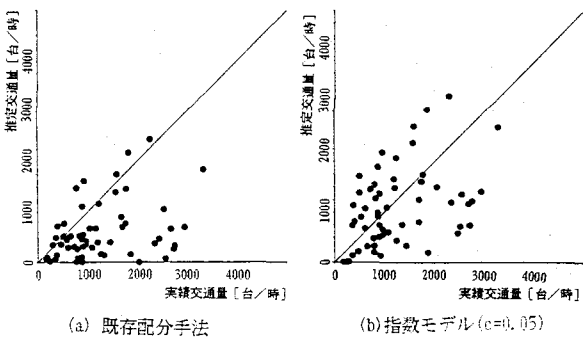


図-4 ピーク時(8時台)の相関図

表-1 日単位レベルでの適合度比較

	既存の配分手法	線形モデル	指数モデル (ITERATION=10)				
			C= 2.0	C= 0.1	C= 0.07	C= 0.05	C= 0.03
相関係数	0.585 (0.656)	0.654	0.632	0.643	0.642	0.649	0.644
不一致係数	0.323 (0.351)	0.237	0.249	0.243	0.243	0.241	0.240
総交通量 [台/日]	実測値 337,606	349,474	337,605	344,916	346,083	346,916	347,362

() 内は手法Bによる値

B. オフピーク時（14時台）の適合度比較

表-3をみると、線形モデルと指数モデル（最良値：パラメーター $C=0.03$ ）では、ほぼ同等の結果が得られたわけだが、既存の配分手法と比較してみると、図-5より明らかなように、本研究で提案したモデルも既存の配分手法もかなり過小評価している。この理由として考えられるのは、オフピーク時の交通は自由目的交通が支配的であるため、ピーク交通のように安定的でなく、実績交通量も毎日に変動する割合が高いことが挙げられる。

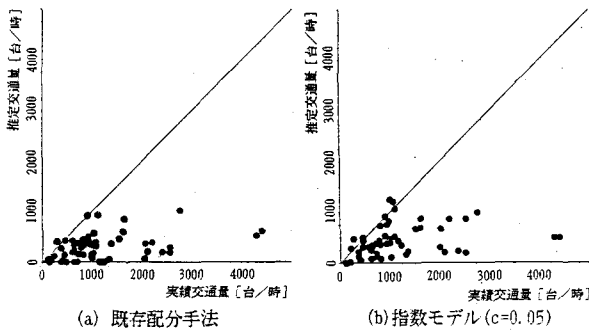


図-5 オフピーク時（14時台）の相関図

表-3 オフピーク時（14時台）の適合度比較

	既存配分手法	線形モデル	指数モデル (ITERATION=10)				
			C=2.0	C=1.0	C=0.07	C=0.05	C=0.03
相関係数	0.560	* 0.368	0.248	0.337	0.326	0.349	* 0.368
不一致係数	0.609	0.558	0.565	0.560	0.562	0.560	* 0.556

* 最良値

(3) $T < \lambda_0$ の処理方法に関する考察

$T < \lambda_0$ の場合の処置方法が問題ないかを、BPR関数 ($\alpha=0.15, \beta=4$) を用いて $T < \lambda_0$ が生じない場合と、修正BPR関数を用いて $T < \lambda_0$ が生じる場合で、日単位レベルで比較検討する。ただし、既存の配分手法の精度指標には、外部ゾーンも配分した値を用いた。

既存配分手法では、BPR関数を用いる場合よりも、修正BPR関数を用いる方が、相関係数にして0.605から0.634と若干改善されている(表-4)。線形モデルでは、修正BPR関数を用いることによって所要時間が60分を越えるODペアがピーク時に多数出現するわけだが、上述の処置を取ることによって相関係数にして0.601から0.654と約0.05増加している。この増加率は、既存の配分手法よりも高く、上述の処置方法の正当性を示している。

表-4 $T < \lambda_0$ の処理方法に関する検討(日単位)

	BPR関数		修正BPR関数	
	相関係数	不一致係数	相関係数	不一致係数
既存配分手法	0.605 (0.641)	0.257 (0.329)	0.634 (0.653)	0.218 (0.322)
線形モデル	0.601	0.264	0.654	0.237

() 内は手法Bによる値

(4) 計算所要時間

各種配分手法における計算所要時間を、表-5にまとめておく。それを見ると、既存配分手法よりも本モデルの方が約6倍の所要時間がかかっているが、これは当初予想していたよりもかなり短い時間である。また、各時間帯別配分によって日交通量を求める場合の所要時間は、1時間当りの計算時間を単に24倍したものになっていない。これは、夜間のように交通量が少ない時間帯では、OD交通量のほとんどが最短経路に流れるために、All or nothing配分ですんでしまい、均衡計算まで至っていないためであり、収束させるための計算回数が、ピーク時に比べて少なくてすむからである。なお、既存配分手法において、各時間帯別配分によって日交通量を求める場合の所要時間は11分であり、本モデルはその約半分ですんでいる。

表-5 計算所要時間

既存配分手法	線形モデル (IR=10)	指数モデル (ITERATION=10)				
		C=2.0	C=1.0	C=0.07	C=0.05	C=0.03
(11'10")	6'24"	6'20"	6'22"	6'27"	6'27"	6'28"

() 内は、既存配分手法Bによる値

5. 結論と今後の課題

本研究においては、交通管制、交通運用計画のような、きめ細かい交通政策の実施効果を評価するための、実際規模のネットワークに適用できるような動的利用者均衡モデルを開発すること、さらに、この半動的モデルの実用性を吟味することに加え、日交通需要モデルとしても機能させることを目的として、研究を行った。時間帯別均衡モデルとして、2つのモデルを提案したが、両モデルとも、ある時間帯における吸収交通量は、これを未知量とおき、所要時間を用いて表現できると

する理論に基づいており、1つはこの関係を線形と仮定したモデル、他の1つは指数関数形と仮定したモデルである。本研究で得られた結果は次のとおりである。

① 境界条件を設定して、それを満足する関数を仮定することによって、半動的配分手法が構成できることを明らかにした。

② パフォーマンス関数の本来取り扱うべき時間単位は1時間単位である。既存配分手法においても、時間帯別交通量の積み上げ方式による日交通量の推定結果がよい適合度を示していることがこのことを裏付けている。

③ 本研究で推定したモデルでは、各時間帯ごとに吸収される量の総和が、1日のODトリップ量に一致することが理論的には保証できる。しかし、数値計算誤差によって実際にはずれが生じると考えられる。岐阜市の適用結果を通して、この数値計算誤差が事実上無視できることを実証した。また、所要時間が60分を越える場合の処置方法に問題はなく、実際規模のネットワークへの実用性は十分あると言える。

④ 昭和56年岐阜市に2つの半動的モデルと、既存配分手法を適用し、モデルの実用性を検討した。両モデルとも、既存の配分手法と比較すると、日単位レベルでは、既存配分手法が、かなり過小推定しているところかなり改善しており、精度的にも本モデルのほうが、良い結果を示している。時間単位レベルでみると、ピーク時には、日単位レベルで得られたことと同様のことが言え、時間帯別交通量を推計する場合には、前時間帯の交通量も考慮に入れる必要性のあることがわかった。オフピーク時では、全体的にかなり過小評価しており、この点が、予想していたよりも日単位での精度向上にいたらなかった理由の1つであると思われる。この点を解消することによって、日単位レベルでの予測精度の向上が期待される。

今後残された課題を以下に示す。1つは、今回交通抵抗を、所要時間のみを考慮したパフォーマンス関数で表現したが、時間単位での交通流をみた場合には、これだけでは不十分であり、交差点の影響を無視することはできない。交差点の容量制約を組み込んだ形の定式化が必要である。他の1つは、外部ゾーンの配分手法である。今回内外部ゾーン間の配分は行わなかった。一般に域外ネットワークは、アクセスリンクという形で集約的に扱われる。したがって、内外ゾーン間

トリップの時間的変動のデータをそのまま用いる必要はなく、集約されたネットワークレベルに応じた粗い変動が求められればよいであろう。そのためには、日交通量を大まかな時間変動交通量として分離する、簡易モデルの開発が望まれる。

参考文献

- (1) Hurdle, V. F.: The Effect of Queueing on Traffic Assignment in a Simple Road Network, Proc. of 6th Int. Symp. on Transportation and Traffic Theory, pp. 519 - 540, 1974.
- (2) Attahiru Sule Alfa: Time - dependent Route Assignment of Peak Traffic. Review by the Urban Transportation Division, Transportation Engineering Journal, pp. 153 - 165, 1981.
- (3) James K. HO: A Successive Linear Optimization Approach to the Dynamic Traffic Assignment Problem, Brookhaven Laboratory, Upton, New York pp. 295 - 305.
- (4) 松井 寛・丹羽知紀: 道路網上の経路誘導に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, No. 4, 85-92, 1986
- (5) 第18回 土木計画学講習会テキスト: 交通ネットワークの分析と計画, 3.5 動的交通量配分モデル, pp. 84-97
- (6) 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, No. 389/IV - 8, pp. 111 - 119, 1988.
- (7) Beckmann, M. J., McGuire, C. B. and Winsten C. B.: Studies in the Economics of Transportation. Yale University Press, New Haven, Conn, 1956.
- (8) 宮城俊彦: 交通ネットワーク均衡の理論と計算に関する基礎的研究, 京都大学学位論文, 1982.
- (9) Sheffi, Y.: Urban Transportation Networks, Prentice - Hall, INC., 1985.
- (10) Wardrop, J. G.: Some theoretical aspects of road research, Proc. Inst. Civil Engineers, Part II, 1, pp. 325 - 378, 1952.
- (11) 中部都市圏総合都市交通計画協議会: 第2回中京都市圏パーソントリップ調査報告書, 実態調査の企画と実施, 1982.