Ⅳ-29　　半動的交通配分モデルの理論的枠組について

岐阜大学　　正会員　宮城　俊彦
岐阜大学　　学生会員　○牧村　和彦

1．はじめに

近年，交通管制．交通運営管理計画の事前評価を行うために，実用的な動的交通量配分モデルの開発が必要とされている。藤田・松井・溝上[1]や，宮城・牧村は[2]，動的利用者均衡モデルを実用化すべく，半動的配分モデルを提案している。ここで，半動的配分モデルとは，動的に変化するＯＤ交通量を配分する際，時間を有限個の時間帯に区分し，個々の時間帯内での交通量については静的に捉え，交通量の時間変動は他の時間帯との交通量の相互作用によって生ずるとする配分手法であると定義できよう。現在提案されている手法はいずれも，時間帯内については利用者均衡原理を用い，かつ２つの時間帯を考慮した配分モデルである。本研究の目的は，これまで提案された半動的モデルが，同一の理論的枠組から導出できることを示すことにある。

2．時間帯別交通配分モデルの考え方

（１）仮定

１日がＳ個の時間帯に離散化されており，各々の時間帯をｎで区別し，その長さをＴとおく。半動的モデルを提案する際，一般に次のような仮定がおかれる。

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。

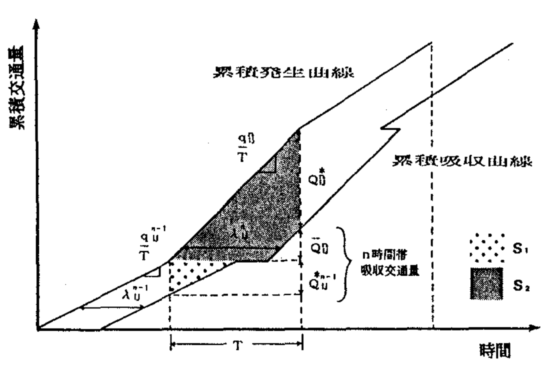
仮定３．時間帯ｎにおいて，トリップ発生率は一様である。

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。

仮定１は，現在の静的交通量配分手法において認められる仮定であり，また，後で示すように動的モデルを単純化する上に必要な仮定である。仮定２は，ある時間帯で発生する交通量の全部あるいは一部が必ず目的に到着することを保証するものであるが，必ずしも本質的な仮定ではない。仮定３は，ある時間帯での単位時間当りのＯＤ間発生交通量は一定であることを示したもので半動的モデルの本質的な仮定を与えている。仮定４は，半動的モデルの定義から明かであるが，この仮定は単に２時間帯モデルの仮定を与えているに過ぎない。

（２）時間-累積交通量関係図

ある１つのＯＤペアに着目し，時間軸に沿ったトリップの累積発生，吸収量を示したのが図-1である。累積発生曲線は，時間帯別観測ＯＤ交通量から作成することができ，ｎ時間帯でのその勾配は，仮定３よりq_{ij}^{n}／Ｔで一定である。累積吸収曲線を描くのは困難であるが，仮定１を認めるならば，累積吸収曲線は，その時間帯での平均所要時間λ_{ij}^{n}だけ，右へずれた形で描ける。さて，時間Ｔだけ経過したとき，ｎ時間帯で発生した交通量がすべて目的地に到着すとは限らない。図-1に示しすようにｎ時間帯の後半に出発した車両は，所要時間がλ_{ij}^{n}としても，時間［０，Ｔ］の間には目的地には到着できず残存量としてネットワークに残る。その量は、図から明らかなように$\overset{*}{Q}{}_{ij}^{n}$である。仮定４は，このような残存量が次の時間帯では確実に目的地に到着することを示したものである。時間帯を小さくとれば，この仮定は成立しないことに注意する。この場合には，ｎ時間帯の残存量としては，(n-1)時間帯のみならず，その前の時間帯をも考慮する必要がある。さて、(n+1)時間帯では，q_{ij}^{n+1}，λ_{ij}^{n+1}ともに変化するので，累積発生，吸収曲線の勾配が変化し，また前の時間帯の所要時間の差分だけずれた形の累積吸収曲線になる。この関係図より，累積発生曲線と累積吸収曲線との間の縦の長さが，ＯＤペアij間のネットワーク上に存在する台数を，横の長さが所要時間を示していることが分かる。



図－１　時間-累積交通量関係図

3．定式化

2．(2）で示したように，n時間帯で到着する交通量Q^n_{ij}を求めるには，その時間帯でのOD所要時間λ^n_{ij}を求める必要があり，λ^n_{ij}は，その時間帯でのネットワーク利用台数とネットワークのパフォーマンスとの関係で決定される。Q^n_{ij}とλ^n_{ij}を同時に求めることは，需要変動型均衡問題を解くことと等価になる。こうしたアイデアは藤田・松井・溝上らによって提案された。これを示したのが次の最適化問題である。

$$\min Z(x,Q)=\sum_a \int_0^{x^n_a} t_a(\omega)d\omega-\sum_{ij}\int_0^{Q^n_{ij}} \lambda^n_{ij}(\eta)d\eta \quad (1\text{-a})$$

$$\text{s.t.}\quad \sum_k f^n_{kij}=Q^n_{ij} \quad (1\text{-b})$$

$$\sum_{ij}\sum_a \delta^n_{akij}\, f^n_{kij}=x^n_a \quad (1\text{-c})$$

$$f^n_{kij}\geqq 0 \qquad Q^n_{ij}\geqq 0 \quad (1\text{-d})$$

ここで、x_a：n時間帯におけるリンクaのリンク交通量

$t_a(\cdot)$：リンクaのリンクパフォーマンス関数

f_{kij}：n時間帯におけるODペア$_{ij}$間k経路の経路交通量

δ_{akij}：リンクaがODペア$_{ij}$間k経路に含まれるとき　1；その他のとき　0

上の問題を解くことによって，$\{Q^n_{ij}\}$と$\{\lambda^n_{ij}\}$を求めることができるのであるが，ネットワークのパフォーマンスと均衡させるべき量$\{Q^n_{ij}\}$をどのように定義するかについては，2つの視点がある。すなわち，

Ⅰ．n時間帯において，ODペアij間のネットワーク上に存在する量と，道路のパフォーマンスとを均衡させる。

Ⅱ．n時間帯において，ODペアij間の目的地jに到着した台数（以後，吸収量と呼ぶ）と道路のパフォーマンスとを均衡させる。

【Q^n_{ij}の誘導】

上の2つの視点よりQ^n_{ij}の関数形を決定する。

Ⅰ．n時間帯においてODペアij間に存在する台数のうち，前の時間帯内に吸収されなかった台数（残存量）の時間平均と，時間内吸収量の時間平均の和をとるならば次式が成立する。

平均量$Q^n_{ij}=S_1/\lambda^{n-1}_{ij}+S_2/\lambda^n_{ij}$

ここで，S_1，S_2は図-1より次のように定義できる。

$$S_1=\frac{q^{n-1}_{ij}}{2T}\left(\lambda^{n-1}_{ij}\right)^2$$

$$S_2=q^n_{ij}\cdot\lambda^n_{ij}-\frac{q^n_{ij}}{2T}\left(\lambda^n_{ij}\right)^2$$

したがって

$$Q^n_{ij}=\frac{\lambda^{n-1}_{ij}}{2T}q^{n-1}_{ij}+q^n_{ij}-\frac{\lambda^n_{ij}}{2T}q^n_{ij} \quad (2)$$

Ⅱ．図-1より，n時間帯における吸収量Q^n_{ij}は，時間内吸収量$\bar{Q}^n_{ij}$と前の時間帯の残存量Q^{*n-1}_{ij}の和で表される。

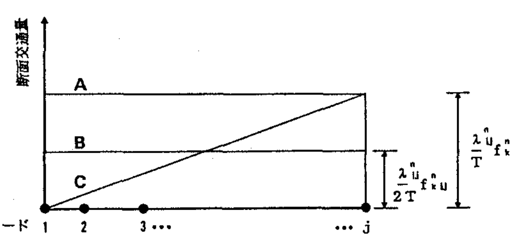
$$Q^n_{ij}=Q^{*n-1}_{ij}+\bar{Q}^n_{ij}=Q^{*n-1}_{ij}+q^n_{ij}-Q^{n*}_{ij}$$

$$=\frac{\lambda^{n-1}_{ij}}{T}q^{n-1}_{ij}+q^n_{ij}-\frac{\lambda^n_{ij}}{T}q^n_{ij} \quad (3)$$

これらの式より，(1-a)式に代入すべきλ^n_{ij}（Q^n_{ij}）を求めることができる。また，(2)式が，藤田・松井・溝上らが提案するOD修正法であり，(3)式が，宮城・牧村らが提案する時間帯別吸収量モデルとなる。

【観測断面交通量からの比較】

断面交通量レベルから，A：宮城・牧村のモデル，B：藤田・松井・溝上のOD修正法，ならびに，C：リンク修正法を考察すると，残存量について図-2のような取扱いをしていることがわかる。図を見ると，仮定2～4を満足する最も理想的な残存量分布は，Cとなるわけだが，修正後の交通量が仮定1を満足する保証はない。また，時間帯別交通量は，日交通量と違って，観測地点によって実測値が変化するという特性をもっている。したがて、A，Bとも，実測交通量に比べ，過大，過小推定していることになる。この点をどう改良するかが課題となろう。



図－2　n時間帯の残存量分布

【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，No.389/Ⅳ-8，pp.111-119，1988.

(2)宮城俊彦・牧村和彦：道路網における時間帯別交通量の推計法に関する研究，土木計画学研究・講演集No.11，pp.31-38，1988