

有料道路を考慮した時間帯別均衡配分の研究

名古屋工業大学 学生員 ○雲林院康宏
 名古屋工業大学 正会員 藤田素弘
 名古屋工業大学 フェロー 松井 寛

1.はじめに

道路網を対象とした交通量配分モデルの中で近年利用者均衡配分モデルが注目されている。その理由として利用者均衡配分は、ドライバーが「自分にとって最も所用時間の少ない経路を選択する」という交通行動原理に基づいているため論理的かつ説得力をもつからである。さらに、特定時間帯（例えばピーク時間帯）を対象とした交通計画を行う必要性の高まりから、時間帯別交通量配分が注目されている。

通常、利用者均衡配分モデルでは所用時間という単一尺度を通して均衡状態が表現される。従って有料道路を含むネットワークでは、一部のリンクには所用時間のほかに料金コストの要因が加わるため、従来の均衡配分モデルでは適用できない。

以上のような背景から本研究は、有料道路を含む道路ネットワークに対応しかつ特定時間帯の交通計画にも適用可能な時間帯別均衡配分モデルの開発を行う。

2.終端時刻における残留交通量の修正方法

時間帯別配分では、各時間帯の終端時刻において残留交通量が必ず発生する。残留交通量の分布は、OD間の経路上において図-1のような三角分布になる。本研究で開発する時間帯別均衡配分モデルは、既に開発されている一般道路のみのモデル（OD修正法）の方法と同様の残留交通量の修正方法を用いる。OD修正法は図-1のように残留交通量を経路上で平均的に処理するが、これは次式のようにOD交通量について修正すれば良いことが分かっている。

$$g_{rs}^n = q_{rs}^{n-1} + Q_{rs}^n - \frac{C_{rs}^n}{2T} Q_{rs}^n \quad (1)$$

ここで、

C_{rs}^n : n時間帯 OD ペア rs 間での
最短経路所用時間

Q_{rs}^n : n時間帯 OD ペア rs 間での OD 交通量

T: 時間帯の幅

q_{rs}^{n-1} : n-1 時間帯で修正された残留交通量
(n 時間帯においては定数)

g_{rs}^n : n時間帯 OD ペア rs 間での残留交通量修正
後のOD交通量

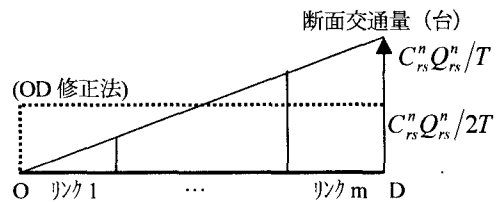


図-1 各リンクを通過していない交通量

3. 有料道路を含む道路ネットワークにおける 時間帯別交通均衡モデル

本モデルでは、n 時間帯における OD ペア rs 間での有料道路・一般道路の転換率モデルは以下の2項ロジットモデルで与えるものとする。

$$Q_{rs}^n = \frac{1}{\exp(\theta(C_{rs}^{un} - C_{rs}^{en}) + \psi_{rs}) + 1} g_{rs}^n \quad (2)$$

$$Q_{rs}^{un} = g_{rs}^n - Q_{rs}^n \quad (3)$$

ここで、

Q_{rs}^{en} : n 時間帯 OD ペア rs 間での有料道路の
OD 交通量

Q_{rs}^{un} : n 時間帯 OD ペア rs 間での一般道路の
OD 交通量

C_{rs}^{en} : 有料道路の一般化所用時間

C_{rs}^{an} : 一般道路の所用時間

ψ_{rs} : OD ペア rs 間での固有パラメータ

このとき、有料道路を含むネットワークにおける時間帯別均衡配分モデルは次のような数理最適化問題として定式化される。

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_a \int_0^{x_a^n} t_a(\omega) d\omega + \frac{1}{\theta} \sum_r \sum_s \{ Q_{rs}^{en} (\ln(Q_{rs}^{en} / g_{rs}^n) \\ & + \psi_{rs}) \} + \frac{1}{\theta} \sum_r \sum_s Q_{rs}^{an} \ln(Q_{rs}^{an} / g_{rs}^n) \\ & - \frac{1}{b} \sum_r \sum_s \int_0^{g_{rs}^n} \frac{2T}{G_{rs}^n} (q_{rs}^{n-1} + G_{rs}^n - z - \frac{G_{rs}^n}{2T} a) dZ \quad (4) \end{aligned}$$

s.t

$$\sum_r \sum_s \sum_k f_{rsk}^{en} - Q_{rs}^{en} = 0 \quad \forall n, r, s$$

$$\sum_r \sum_s \sum_k f_{rsk}^{an} - Q_{rs}^{an} = 0 \quad \forall n, r, s$$

$$x_a^n = \sum_{k \in K} \sum_{rs \in \Omega} (\delta_{ak}^{enrs} f_{rsk}^{en} + \delta_{ak}^{anrs} f_{rsk}^{an}) \quad \forall n, a$$

$$g_{rs}^n - Q_{rs}^{en} - Q_{rs}^{an} = 0 \quad \forall n, r, s$$

$$f_{rsk}^{en} \geq 0, f_{rsk}^{an} \geq 0, x_a^n \geq 0, Q_{rs}^{en} \geq 0, Q_{rs}^{an} \geq 0, g_{rs}^n \geq 0$$

ここで、

x_a^n : リンク a のリンク交通量

$t_a(\cdot)$: リンク a の一般化所用時間関数
(一般道路部では所用時間関数)

f_{rsk}^{en} : Q_{rs}^{en} に対する経路 k の経路交通量

f_{rsk}^{an} : Q_{rs}^{an} に対する経路 k の経路交通量

δ_{ak}^{enrs} : (1: リンク a が高速道路を含む経路 k に含まれるとき, 0: そうでないとき)

δ_{ak}^{anrs} : (1: リンク a が一般道路のみの経路 k に含まれるとき, 0: そうでないとき)

G_{rs}^n : n 時間帯 OD ペア rs 間の OD 交通量

上記の問題の最適化条件は、制約条件を取り込んだ Lagrange 関数を定義することにより以下のように導き出せる。

Lagrange 関数を $f_{rsk}^{an}, f_{rsk}^{en}$ で微分することにより、一般道路部および有料道路部における等(一

般化所用) 時間原則、 Q_{rs}^{en}, Q_{rs}^{an} で微分することにより、一般道路と有料道路で成立する転換率モデルがそれぞれ導き出せる。また、 g_{rs}^n で微分することにより、次で示す n 時間帯の残留交通量処理後の OD 交通量を与える関係式が次のように得られる。

$$g_{rs}^n = q_{rs}^{n-1} + G_{rs}^n - \frac{C_{rs}^n}{2T} G_{rs}^n$$

ここで

C_{rs}^n : 有料道路を含むネットワークにおける n 時間帯 OD ペア rs 間の平均化所用時間 $a + bS_{rs}^n$ で

$$S_{rs}^n = -\frac{1}{\theta} \ln(\exp(-\theta C_{rs}^{en} + \psi_{rs}) + \exp(-\theta C_{rs}^{an}))$$

上式において残留交通量の処理は、a と b の適切な設定によって与えられる有料道路と一般道路の最短経路所用時間を平均化した C_{rs}^n のもとでの OD 修正法と同一である。またこのとき、有料道路のコストを十分に大きくした時、既に定式化されている一般道路部のみの残留交通量処理後の OD 交通量に等しくなる。よって、ここで構築された有料道路を含むネットワークにおける時間帯別均衡配分モデルは一般道路のみのネットワークにおける時間均衡問題を含んだ一般形として定式化されたことがわかる。

4. 終わりに

本研究では、有料道路を考慮した時間帯別均衡配分モデルを数理最適化問題として定式化した。今後の課題として、実際のネットワークにおける適用を考え、具体的な数値例の算出・パラメータの推定などが挙げられる。

<参考文献>

松井・上田：有料道路を含むネットワークにおける利用者均衡配分問題 京大記念シンポジウム講演集 1997

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 4, No.389 1988