

高速道路を含む道路ネットワークにおける時間帯別利用者均衡配分問題の実用化

名古屋市 正会員 ○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要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といえる。さらに、特定時間帯(朝のピーク時間帯など)を対象とした交通計画をおこな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。また通常、利用者均衡配分モデルでは所要時間という単一尺度を通して均衡状態が表現されるが、高速道路を含むネットワークでは、一部のリンクには所要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。このような背景から本研究は、高速道路を含む道路ネットワークにも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及び実際に名古屋圏の大規模ネットワークに適用し実用化の検討をおこなうものである。

2. 残留交通量の処理方法と高速道路転換率式

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三角形分布になる。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の方法(OD 修正法)と同様の残留交通量の修正方法を用いる。OD 修正法は残留交通量を経路上で平均的に処理するが、これは式(1)のように OD 交通量を修正すればよい。

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

C_{rs}^n : n 時間帯 OD ペア rs 間での最短経路所要時間 Q_{rs}^n : n 時間帯 OD ペア rs 間での OD 交通量

T : 時間帯の幅(通常 1 時間) 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

また、n 時間帯における OD ペア rs 間での高速道路・一般道路の転換率式は式(2)・(3)のように 2 項ロジットモデルで与えるものとする。

$$Q_{rs}^{en} = \frac{1}{\exp(-q(L_{rs})(C_{rs}^{an} - C_{rs}^{en}) + y(L_{rs})) + 1} g_{rs}^n \quad (2)$$

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

Q_{rs}^{en} : n 時間帯 OD ペア rs 間での高速道路の OD 交通量 Q_{rs}^{an} : 一般道路の OD 交通量

C_{rs}^{en} : 高速道路の一般化所要時間(料金コストを含む) C_{rs}^{an} : 一般道路の所要時間 L_{rs} : OD 間距離

$q(L_{rs}), y(L_{rs})$: OD ペア rs 間での固有パラメータで OD 間距離 L_{rs} の関数

3. 高速道路転換率を生内化した時間帯別利用者均衡配分モデル

経路選択が確定的選択の場合、式(4)のような数理最適化問題として定式化できる。

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

$$\text{制約条件} \quad \sum_k f_{rsk}^{en} - Q_{rs}^{en} = 0 \quad \sum_k f_{rsk}^{an} - Q_{rs}^{an} = 0 \quad \forall n, r, s \quad x_a^n = \sum_{k \in K} \sum_{r \in \Omega} (d_{ak}^{enrs} f_{rsk}^{en} + d_{ak}^{anrs} f_{rsk}^{an}) \quad \forall n, a$$

キーワード：時間帯別利用者均衡配分、高速道路転換率、道路ネットワーク

連絡先：〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL・FAX 052-735-5492

$g_{rs}^n - Q_{rs}^{en} - Q_{rs}^{an} = 0 \quad \forall n, r, s \quad f_{rsk}^{en} \geq 0, f_{rsk}^{an} \geq 0, x_a^n \geq 0, Q_{rs}^{en} > 0, Q_{rs}^{an} > 0, g_{rs}^n > 0$
 x_a^n : リンク a のリンク交通量 $t_a(*)$: リンク a のリンクパフォーマンス関数(BPR 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
 G_{rs}^n : n 時間帯 OD ペア rs 間の OD 交通量 $d_{ak}^{enrs}, d_{ak}^{anrs}$: (1: リンク a が(e ; 高速道路を含む, a ; 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) a, b : 平均化所要時間パラメータ

本研究が設定したパラメータ a, b は, の Kunh-Tucker 条件から n 時間帯の残留交通量修正後の OD 交通量を与える関係式(1)に含まれる C_{rs}^n に関するものであり, 式(5)(6)を満たすものである。

$$C_{rs}^n = a + bS_{rs}^n \quad (5) \quad S_{rs}^n = -\frac{1}{q_{rs}} \ln(\exp(-q_{rs}C_{rs}^{en} - y_{rs}) + \exp(-q_{rs}C_{rs}^{an})) \quad (6)$$

C_{rs}^n : 高速道路を含むネットワークにおける n 時間帯 OD ペア rs 間の一般化所要時間

残留交通量は時間のみに依存する量であるので, 式(5)の C_{rs}^n は料金抵抗を含まない所要時間で設定する必要がある。よって, パラメータ a, b は料金抵抗を含む S_{rs}^n から料金抵抗の影響を除いた平均所要時間を近似するように設定しなければならない。 C_{rs}^n は厳密には, 式(5)に式(6)を代入したものが, 高速道利用と一般道利用との料金を含まない平均所要時間に等しいという条件から, 式(7)が成立する。

$$a - \frac{b}{q_{rs}} \ln\left(\frac{Q_{rs}^{en}}{g_{rs}^n - Q_{rs}^{en}} + 1\right) + bC_{rs}^{an} = -\frac{1}{q_{rs}} \left(\ln\left(\frac{Q_{rs}^{en}}{g_{rs}^n - Q_{rs}^{en}}\right) + y_{rs}\right) \frac{Q_{rs}^{en}}{g_{rs}^n} - \frac{Q_{rs}^{en}}{g_{rs}^n} C_{rs}^d / g + C_{rs}^{an} \quad (7)$$

C_{rs}^d / g : 高速道路通行料金/時間価値 = 料金コスト

b=1 と設定することによって, a は料金コストと高速道路利用割合 Q_{rs}^{en} / g_{rs}^n を求めることによって設定が可能になる。配分計算において Q_{rs}^{en} / g_{rs}^n は, ネットワーク交通量 0 フロー状態における各 OD 間の高速・一般道経路利用所要時間から, 高速道路転換率式を用いて求めるものが最も精度がよかったため, 本研究ではそれを採用した。

4. 配分結果

本研究が配分計算対象としている名古屋圏道路ネットワークはノード数 1241、セントロイド数 279、往復別リンク数 4209 で構成される。通常、時間帯幅は 1 時間で設定されるが、道路ネットワークの規模が大きいことから OD 間所要時間が 1 時間を越えるものが多いため、残留交通量の適切な処理ができない。そこで、本研究では時間帯幅を 2 時間に設定した。また、「1996 年 6 月 12・13 日名古屋高速流入流出 24 時間データ (オン・オフランプ 41 箇所)」と「平成 6 年平日 12・24 時間センサス (一般道路部 128 箇所)」の実績値を用いて、各時間帯の配分結果の精度分析を行った。

時間帯幅 120 分		実績値	配分値	相関係数	RMS 誤差
午前 7・8 時	高速	46476	38378	0.807	518.8
	一般	294846	355981	0.738	1423.1
	全体	341322	394359	0.787	1254
午前 9・10 時	高速	39745	37431	0.773	412.5
	一般	249651	238571	0.763	874.6
	全体	289396	276002	0.801	782

5. おわりに

配分結果は交通計画において最も重視される朝のピーク時間帯について記した。相関係数は 0.8 前後であり実績値と配分値も近い値であることから、本研究が開発したモデルは実用性を有しているといえる。しかし、時間帯別 OD 交通量の予測は従来の日 OD 交通量の予測に比べ難しく、精度低下の原因の 1 つであることから、今後の課題となってくる。

(参考文献) 松井・藤田：大都市圏道路網を対象とした拡張型利用者均衡配分モデルとその実用化、

土木計画学研究・講演集、№22、1999.10