

交通需要の不確実性を考慮した時間帯別均衡配分モデルに関する研究

金沢大学大学院自然科学研究科 学生員 ○小松 良幸
 金沢大学大学院自然科学研究科 正会員 中山晶一朗
 金沢大学大学院自然科学研究科 フェロー 高山 純一

1. はじめに

現実の交通ネットワークでは、様々な不確実性によって、交通量や旅行時間は変動している。事故や災害などが発生していない通常の交通状況において、不確実性の主要な要因として交通需要の変動が挙げられる。特に、ピーク時においては交通需要の変動により交通容量の小さな道路区間においては短時間ではあるが渋滞が生じ、円滑な交通流が妨げられてしまう。

ピーク時における交通の多くは通勤や業務目的トリップであり、到着時刻制約のある場合が多く、確実に時間内に到着することが求められる。つまり、道路ネットワークの旅行時間の値そのものだけではなく、日々変化する旅行時間のばらつきがどれほどであるのかを把握することや時間帯別の交通量の変化を正確に表現することが重要であるといえる。しかし、従来の時間帯別均衡配分モデルでは、交通量の変化をOD交通量で捉えているものが多く、各リンクでの交通量の変化や不確実性の表現が的確に把握できていない。

そこで、本研究では、時間帯別の交通需要が正規分布に従って確率変動するとともに配分された交通量も正規分布に従う時間帯別均衡配分モデルをリンク修正法の考え方をを用いて提案する。そして、提案したモデルを金沢市道路ネットワークに適用し、その妥当性や実用性などを確認する。このモデルを用いれば、時間帯によって変化する交通量ならびに旅行時間を把握することができるようになる。また、交通ネットワークの不確実性や時間信頼性の評価も可能となる。

2. 基本概念

(1) 均衡概念

本モデルにおける均衡状態は、「ある時間帯において利用されている経路の平均旅行時間はみな等しく、

利用されていない経路の平均旅行時間よりも小さいもしくは等しくなる」というものである。これは、日々の時間帯において実現する交通流は必ずしも均衡状態となっているものではなく、平均的に時間帯別に均衡状態が成り立っていることを表現している。

(2) 交通量の表現

本研究では、交通量を確率分布として表現する。ここで、各経路交通量は正規分布に従うと仮定する。したがって、本研究で用いるODペア j 間経路 k の経路交通量は正規分布 $N(\bar{F}_{jk}^m, Var[F_{jk}^m])$ に従う。ここで、 F_{jk}^m は、 m 時間帯ODペア j 間第 k 経路の交通量の確率変数であり、 $\bar{F}_{jk}^m$ と $Var[F_{jk}^m]$ はその期待値と分散を表す。また、選択可能経路が各経路交通量が独立な正規分布に従っているものであると仮定することにより、その和であるOD交通量も正規分布の再生性より正規分布に従うことになる。さらに、リンク交通量に関しては、経路交通量より次式のように表現できる。

$$Z_a^m = \sum_j \sum_k \delta_{jk,a} F_{jk}^m \quad (1)$$

ここで、 Z_a^m は m 時間帯におけるリンク a の交通量の確率変数である。よって、リンク交通量も正規分布の再生性より正規分布に従う。

また、本研究では、交通量の不確実性を表現するために分散を用いる。本来ならば、OD交通量について平均及び分散を予見とすることが必要がある。しかし、平均についてはこれまでの確定的なOD交通量を用いることで対応可能であるが、その分散の値は分からないことがほとんどである。そこで、交通量の期待値に比例して分散が決定されると仮定し、分散の算定を行う。よって、以下の式より経路交通量の分散を算定する。

$$Var[F_{jk}^m] = \eta^m \bar{F}_{jk}^m \quad (2)$$

ここで、 η^m は、 m 時間帯における正のパラメータである。

キーワード 時間帯別均衡配分, 確率的OD交通量, 道路ネットワーク配分

連絡先: 金沢大学大学院自然科学研究科

〒920-1192 金沢市角間町 Tel: 076-234-4613 Fax: 076-234-4644

(3) 旅行時間の表現

本研究では、旅行時間の不確実性を表現するために旅行時間に関する変動係数を算定する。変動係数を算定するためには、旅行時間の期待値および分散を算定することが必要となる。旅行時間の期待値をBPR 関数によって以下のように表現する。

$$E[T_a^m] = t_{a0} \left(1 + 0.15 (E[X_a^m]^4 / (C_a)^4) \right) \quad (3)$$

ここで、 $E[X_a^m]$ に積率母関数を用いると以下の式となる。

$$E[T_a^m] = t_{a0} \left(1 + 0.15 \left\{ \text{Var}[X_a^m]^2 + 6\text{Var}[X_a^m]E[X_a^m] + (E[X_a^m])^4 / (C_a)^4 \right\} \right) \quad (4)$$

ここで、 t_{a0} はリンク a の自由旅行時間であり、 C_a はリンク a の交通容量である。次に、分散を以下のように算定する。

$$\text{Var}[T_a^m] = E[(T_a^m)^2] - (E[T_a^m])^2 \quad (5)$$

ここで、 $E[T_a^m]$ 、 $\text{Var}[T_a^m]$ は m 時間帯におけるリンク a の旅行時間の期待値と分散である。次に、式(4)、(5)より各リンク旅行時間の変動係数を算定する。

$$v_a^m = (\sigma_a^m / E[T_a^m]) \quad (6)$$

ここで、 v_a^m は、 m 時間帯におけるリンク a の旅行時間の変動係数であり、 σ_a^m は、リンク a の旅行時間の標準偏差である。この変動係数によって、各リンク旅行時間に関する不確実性の大きさを評価する。

3. 本モデルの考え方

リンク修正法は、リンクレベルで残留交通量の影響を考慮することのできるモデルである。

m 時間帯 OD ペア j 間経路 k 内 i 番目リンクの終端までの所要時間の確率変数を $C_{jk}^m(i)$ とすると、経路交通量 F_{jk}^m のうち i 番目のリンクの起点を通過していない交通量の表現は、以下の式に従う。

$$F_{jk}^m C_{jk}^m(i-1) / T \quad (7)$$

ここで、 T は時間帯の幅である。式(7)による各経路における各リンクでの残留交通量を用いて、リンクレベルでの残留交通量の確率変数を算定すると以下の式より求められる。

$$Y_a^m = \sum_i \sum_j \sum_k \lambda_{ijk,a} \frac{F_{jk}^m}{T} C_{jk}^m(i-1) \quad (8)$$

ここで、 $\lambda_{ijk,a}$ は、OD ペア j 間経路 k 内 i 番目リンクがリンク a であるとき 1、そうでないとき 0 となる変数である。したがって、リンクレベルでの残留交通量は、経路 k 、OD ペア j 、リンクの順位 i に関して総和することによって得られる。よって、リン

クレベルでの修正交通量は以下の式によって求められる。

$$\begin{aligned} X_a^m &= Y_a^{m-1} + Z_a^m - Y_a^m \\ &= Y_a^{m-1} + Z_a^m - \sum_i \sum_j \sum_k \lambda_{ijk,a} \frac{F_{jk}^m}{T} C_{jk}^m(i-1) \end{aligned} \quad (9)$$

リンク修正法による時間帯別交通量配分モデルを解くためには、式(5)のように経路に関する各リンクを通過した順番が必要となるため、経路と経路交通量が一意に確定する必要がある。したがって、確率的利用者均衡モデルを用いる。このモデルでは、ドライバーが利用する可能性のある経路から経路選択枝集合を作り、各経路の選択確率をロジットモデルより算定している。OD ペア j 間経路 k の経路選択確率は以下の式によって表現できる。

$$C_{jk}^m = \sum_a \delta_{a,jk}^m T_a^m \quad (10)$$

$$p_{jk}^m = \frac{\exp(-\theta \bar{c}_{jk}^m)}{\sum_k \exp(-\theta \bar{c}_{jk}^m)} \quad (11)$$

ここで、 $\bar{c}_{jk}^m$ は m 時間帯 OD ペア j 間経路 k の所要時間の期待値であり、 θ はパラメータである。これより、経路交通量は、次のような式となる。

$$F_{jk}^m = p_{jk}^m Q_j^m \quad (12)$$

残留交通量を考慮したリンク交通量の修正はレベルでの修正交通量は式(9)によって求められる。得られた修正交通量を用いてリンク旅行時間は以下の式より求められる。

$$T_a^m = T_a^m(X_a^m) = T_a^m \left\{ Y_a^{m-1} + Z_a^m - \sum_i \sum_j \sum_k \lambda_{ijk,a} \frac{F_{jk}^m}{T} C_{jk}^m(i-1) \right\} \quad (14)$$

4. おわりに

本研究では、リンク修正法を用いた交通需要の不確実性を考慮した時間帯別確率均衡配分モデルを提案した。なお、需要変動を考慮した際のモデルの解法および適用結果については講演時に発表する。

参考文献

- 1) 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, No407/IV-11, pp129-138, 1989