

## 時間信頼性指標としての旅行時間の%タイル値の算出と

## その交通量配分モデルへの適用

金沢大学大学院 自然科学研究科 学生員 ○今村 悠太  
 金沢大学 環境デザイン学系 正会員 中山晶一郎  
 金沢大学 環境デザイン学系 フェロー 高山 純一

## 1. はじめに

実際の道路ネットワークでは、様々な要因により交通需要や旅行時間は変動している。特にピーク時には円滑な交通流が妨げられ、目的地までの所要時間は平常時に比べ大幅に増加すると考えるのが自然である。また、ピーク時の交通の多くは通勤・通学などの到着時刻に制約のあるトリップが多く、道路利用者は旅行時間のばらつきを考慮して、目的地までの所要時間を認識していると考えられる。

確率・統計理論の観点から、ばらつきの指標としての分散や標準偏差は取り扱いが容易であるが、分散や標準偏差が必ずしも人が認知するばらつきの尺度と一致するとは限らず、その大きさを直感的に理解することは難しい。

そこで本研究では、所要時間のばらつきの尺度として、直感的な理解が容易なパーセンタイル値（以下、%タイル値）を採用し、前述のような道路利用者の交通行動を表現するモデルとして、所要時間の信頼性を考慮し、旅行時間の%タイル値に基づく配分モデルを構築する。

## 2. モデル概要

## (1)利用者行動に関する仮定

道路利用者は合理的であり、所要時間に関する情報を十分に持っているものとする。そのため、長期的な経験に基づき習慣的に走行する経路を形成し、敢えて確率的に経路を変更することなく、最小旅行時間となる経路を毎日選択する。

また、遅刻に対する許容率を5%とする。これより、道路利用者は変動する旅行時間の95%タイル値をその経路の所要時間として認識し、その経路のコストとして換算する。

この95%タイル値とは、変動するある量が95%の確

率でその値以下に収まるという意味を持つため、到着時刻に制約のあるトリップに対して時間信頼性を与えることができる。

## (2)交通量に関する仮定

本研究では交通量を確率分布で表し、経路交通量がそれぞれ独立な正規分布に従うと仮定する。OD ペア  $i$  の  $j$  番目経路の経路交通量が従う確率分布は以下の(1)式の通りである。

$$X_{ij} \sim N[\mu_{ij}, \eta\mu_{ij}] \quad (1)$$

ここで、 $X_{ij}$  は OD ペア  $i$  の  $j$  番目経路の経路交通量、 $\mu_{ij}$  は平均経路交通量、 $\eta$  は分散パラメータである。

したがって、経路交通量の和である OD 交通量も正規分布の再生性から正規分布に従い、以下の(2)式で表される。

$$Q_i = \sum_j X_{ij} \quad (2)$$

ここで、 $Q_i$  は OD ペア  $i$  の交通量である。

さらに、各経路交通量は独立と仮定しているので、リンク  $a$  の交通量  $x_a$  は正規分布に従う経路交通量  $X_{ij}$  の和となり、OD 交通量と同じく、正規分布の再生性から以下の(3)式で示した正規分布となる。

$$N[\sum_i \sum_j \delta_{ij} E[X_{ij}], \eta \sum_i \sum_j \delta_{ij} E[X_{ij}]] \quad (3)$$

## (3)旅行時間に関する仮定

旅行時間は通常 BPR 関数に従うものとする。BPR 関数は交通量の関数であり、交通量が確率分布を持つため、旅行時間も確率分布を持つことになる。

そのため、経路の旅行時間は確率変動し、最小旅行時間となる経路の旅行時間も確率変動する。したがって、本モデルでは、期待旅行時間のほかに旅行時間の分散や標準偏差を算出できる。

リンク旅行時間の期待値は以下の(4)式によって与

キーワード：旅行時間信頼性、%タイル値

連絡先：920-1192 石川県金沢市角間町 076-234-4614

えられる。

$$E[T_a] = t_{a0} \left( 1 + \alpha \left( \frac{E[X_a]}{C_a} \right)^\beta \right) \quad (4)$$

ここで、 $E[X_a]$ は期待リンク交通量、 $t_{a0}$ は自由走行時間、 $C_a$ は交通容量である。

また、リンク旅行時間の分散は以下の(5)式で与えられる。

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

### 3. モデルの定式化

ワードロップ均衡が確定的な旅行時間について均衡を定義しているのに対して、本研究では、2-(1)利用者行動に関する仮定で述べたとおり、旅行時間の%タイル値について均衡を定義しようとするものである。ワードロップ均衡の定義にならえば、利用されている経路の「旅行時間の 95%タイル値」はみな等しく、利用されない経路の「旅行時間の 95%タイル値」よりも小さいかもしくは等しくなる、と表現できる。

これをリンク間に相互干渉やリンク間の共分散がないものとして、定式化すると、以下の(6)から(9)式ようになる。

$$\min. Z = \sum_{a=1}^A \int_0^{\mu_a} c_a(w) dw \quad (6)$$

s.t.

$$\mu_i = \sum_{j \in A} \mu_{ij} \quad \forall i \quad (7)$$

$$\mu_a = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J_i} \delta_{a,ij} \mu_{ij} \quad \forall a \quad (8)$$

$$\mu_{ij} \geq 0 \quad \forall i \quad \forall j \quad (9)$$

ここで、 $c_a$ はリンク旅行時間の 95%タイル値である。

### 4. 単純ネットワークでの計算

旅行時間の 95%タイル値を算出するためには、あらかじめその分布形を仮定しておく必要がある。分布形の仮定の仕方により 95%タイル値は違う値を示すため、以下の図 4-1 で示した単純ネットワークを用いて計算の精度を検証する。

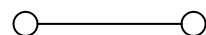


図 4-1 1OD 1Link

ただし、自由旅行時間は 10 分、交通容量は 1000 台、BPR 関数のパラメータは  $\alpha=0.15$ 、 $\beta=2.0$  とした。

仮定した分布形は以下の 3 つである。

- 1) 正規分布
- 2) 正規分布(BPR 関数をテイラー展開したもの)
- 3) 対数正規分布 (パラメータ: 期待値, 分散)

ここで、2 つ目の BPR テイラー展開を施したものについて説明する。

1 つ目に正規分布を仮定しているが、BPR 関数が交通量の 2 次式で表されているため、交通量は正規分布に従うが、旅行時間が正規分布に従うということとは示せない。そこで、以下の(10)式のように BPR 関数に 1 次のテイラー展開を施すことによって、旅行時間が交通量の 1 次式で表されるようになるため、正規分布の再生性から旅行時間も正規分布に従うことができる。

$$t_a(X_a) \approx t_a(\bar{x}_a) + \left. \frac{dt_a}{dx_a} \right|_{x_a=\bar{x}_a} (X_a - \bar{x}_a) \quad (10)$$

また、正規分布は  $-\infty$  まで定義されているが、実際には旅行時間が負の値をとることが無いという点を考慮し、0 以上で定義された対数正規分布を 3 つ目に仮定した。

以下の表 4-1 に計算結果の一例を示す。

表 4-1 各分布形の 95%タイル値とその誤差

|        | 95%タイル値(分) | 真値との誤差(%) |
|--------|------------|-----------|
| 真値     | 12.2038    |           |
| 正規分布   | 12.1210    | 0.6786    |
| テイラー展開 | 12.1117    | 0.7549    |
| 対数正規   | 12.1408    | 0.5169    |

ただし、分散パラメータ  $\eta$  は 40 である。

### 5. 最後に

本研究では旅行時間の 95%タイル値を時間信頼性指標として用い、それに基づいた利用者均衡配分モデルを提案し、金沢市の道路ネットワークに適用した。その計算結果については、発表会にて示す。

#### 参考文献

- 1) 中山晶一郎, 長尾一輝, 高山純一: 観測地点が少ない交通量変動データを用いた道路ネットワークの時間信頼性指標の近似計算法, 第 36 回土木計画学研究発表会・講演集 on CD-ROM # 235,2007
- 2) 中山晶一郎: 交通ネットワークの連結効果と信頼性指標: 統一的な指標としてのパーセンタイル値, 第 38 回土木計画学研究発表会・講演集 on CD-ROM #302,2008