

実測データによるBPR関数のパラメータ推定

愛媛大学大学院 学生員 西谷仁志

愛媛大学工学部 正会員 朝倉康夫

愛媛大学工学部 正会員 柏谷増男

1. 走行時間関数について

交通量配分の際に、一般的に用いられる走行時間関数にBPR関数がある。その関数形は次式のように表される。

$$t = t_0 (1 + \alpha (q/C)^\beta) \quad \dots(1)$$

ここに、

t : 走行時間

q : 時間交通量

t_0 : 自由走行時間

C : 可能交通容量

α, β : パラメータ

これまでに提案されているパラメータ値には、アメリカのBPR関数の $\alpha=0.15, \beta=4.0$ 、オランダの修正BPR関数の $\alpha=2.62, \beta=5.0$ がある。また筆者らが¹⁾二車線二方向道路に限定して推定を行った結果、 $\alpha=0.5\sim0.7, \beta=3.0$ 前後であった。これらの値は、従来日本の道路条件に類似しているとされる修正BPR関数と比較して α, β ともに小さい値であった。

交通量の値は、車線数(二方向二車線, 多車線)によって異なる。そこで本研究では、車線数の違いに着目してパラメータ推定を行うことを目的とする。なお、以下で求めている走行時間関数は、時間単位のものであり、そのまま従来の日交通量単位の配分計算に用いることはできない。

2. パラメータ推定

BPR関数のパラメータ推定を以下の手順で行う。

(1) データ収集(交通量, 走行時間)

(2) 道路区間の属性の設定

(可能交通容量, 自由走行時間)

(3) パラメータ推定(α, β)

(1) データ収集

パラメータを推定するには、時間交通量 q_i (添字 i はサンプル番号)とそれに対応する時間帯の走行時間 t_i のデータが必要である。

本研究では愛媛県警の車両感知器によって観測された交通量と走行速度のデータを用いる。走行速度は、該当する時間帯の平均走行速度である。車両感知器は松山市周辺の94箇所の地点に配置され、24時間常時観測されている。そのすべての調査地点について8日分のデータを収集した。車線数別に見た観測地点数の内訳は、二方向二車線が49地点、片側二車線が38地点、片側三車線が7地点である。

(2) 道路区間の属性の設定

道路区間の属性としてあらかじめ与えるものは、自由走行時間(t_0)と可能交通容量(C)である。これらの他に、非渋滞時のデータのみに限定するために、渋滞に至る点での走行時間(t_r)を与えた。

t_0 と C の設定には2つの方法を検討した。

①PT調査で用いた配分計算のQV条件によるもの

配分計算で設定したQV条件から、規制速度と日容量が得られるので、 $t_0=1/\text{規制速度}$ 、 $C=\text{日容量}/12$ とする。

②収集したデータから推定するもの

交通量, 走行速度, 交通密度には渋滞領域を含めて次のような関係がある。

$$q = K \cdot V \quad \dots(2)$$

$$V = V_0 - b \cdot K \quad \dots(3)$$

$$q = 2 V_r \cdot K - b \cdot K^2 \quad \dots(4)$$

ここに、

K : 交通密度

V : 走行速度($=1/t$)

V_0 : 自由走行速度($=1/t_0$)

V_r : 渋滞に至る走行速度($=1/t_r$)

b : パラメータ

収集したデータから、各地点ごとに式(3), (4)を推定すれば、 t_0, C, t_r の値を設定することができる。なお、①の方法を用いる場合でも、②によって渋滞に至る走行時間を設定する必要がある。

(3) パラメータ推定方法

走行時間の実績値と走行時間関数による計算値の

残差自乗和を最小にするパラメータ α と β の値を以下の方法により求めた。

①線形最小自乗法：式(1)に示すBPR関数の両辺の対数をとって線形変換する。すなわち、

$$\begin{aligned} \text{Log}(t/t_0 - 1) \\ = \text{Log} \alpha + \beta \text{Log}(q/C) \quad \dots(5) \end{aligned}$$

このようにすると、 α は回帰パラメータから得ることができるが、自由走行時間と渋滞に至る走行時間を設定したことにより、次のように定めることも可能である。すなわち、 $t_r = t_0(1 + \alpha)$ より、

$$\alpha = t_r/t_0 - 1$$

②非線形最小自乗法：式(1)を次のように書き改める。

$$t/t_0 = 1 + \alpha(q/C)^\beta \quad \dots(6)$$

そして、Newton-Raphson 法により自乗誤差を最小にするパラメータ α 、 β の値を繰り返し計算によって求める。

3. 推定結果

本研究では、各地点(94)ごとにパラメータの推定を行い、その安定性を比較するものとした。これは、地点ごとに192(24×8)組のデータが得られたことと、渋滞の発生頻度などの地点属性が異なるため、データをプールして推定することに問題があると考えたためである。

(1) 観測データの分布

車両感知器によって観測された交通量と走行速度の分布状況から次のようなことがわかった。

交通量と走行時間の関係が明確に示されない分布状況を示す地点は、繁華街や市内中心部の観測地点であった。これらの観測データに悪影響を及ぼす要因は、路上駐車などが挙げられる。路上駐車が予測される時間帯や、その区間のデータは信頼性が低いと考えられる。

自由走行時間に近い(交通量が非常に少ない)時間帯では、走行速度のデータにばらつきが大きい。自由走行時にはドライバーの意志によって走行することが可能であるために、交通量が非常に少ない場合、走行速度のばらつきが大きくなる。また、車両感知器の精度の問題も考えられる。

(2) 設定した道路区間属性

各地点の属性を②により求めた結果を見ると、自由走行速度は規制速度から-2~+10 km/hrの間で変

動していた。交通容量はほとんどの道路区間で妥当と考えられる値を示すが、混雑の生じない区間では非現実的な値が推定された。渋滞に至る走行速度は規制速度のおよそ1/2程度の値であった。

一方、①の方法によって地点属性を設定した場合には、どのようなパラメータ推定の方法を用いても推定されたパラメータ値の変動が大きく、必ずしも適切ではないことがわかった。

(3) パラメータ推定結果

提案したパラメータ推定法による結果を比較すると、パラメータ値の変動が最も小さかったのは α 、 β を別個に推定する方法であった。その理由は、渋滞領域も含めたデータを利用して α を推定できることと、 β を推定する際に α が決定されていることにより混雑のかなり小さい道路区間に対してもばらつきが少ないこと、が挙げられる。

車線数によるパラメータ値の差異については、以下のことがいえる。

- ①二車線二方向の場合、 α は0.8~1.0、 β は3.0前後であった。この推定値をこれまでに推定した結果と比較すると、 α は0.6よりもわずかながら大きく、 β はほぼ同じであった。
- ②多車線では、 $\alpha=0.7\sim0.9$ 、 $\beta=1.5\sim2.0$ であった。
- ③車線別に結果を比較すると、パラメータ値は車線数に影響を受けており、 α 、 β ともに多車線の方が小さくなっている。
- ④パラメータ推定において、自由走行時間、交通容量の設定値が推定精度にかなり影響を与えられられる。そのため、道路区間属性は十分に検討して設定し、その上で車線数別に共通のパラメータを推定するべきである。

4. おわりに

本研究では車線数に着目してBPR関数のパラメータ推定を行った。その結果、パラメータの値は車線数の影響を受けていることがわかった。今後の課題として、走行時間関数のパラメータ値が配分結果に及ぼす影響について調べる必要がある。

最後に、本研究においてデータを提供していただいた愛媛県警察交通管制センターに感謝致します。

【参考文献】

- 1) 朝倉・西谷(1991):交通量配分に用いる走行時間関数のパラメータ推定, 愛媛大学工学部紀要, Vol.12, No.2