

時間帯別交通量配分に用いるリンクコスト関数の推定

熊本大学大学院 学生員 八木 勇司
熊本大学工学部 正会員 溝上 章志

1. はじめに

リンクコスト関数は、配分交通量の推定精度に大きな影響を与えるにもかかわらず、実用可能性の検討が十分になされているとはいえない。本研究では、道路交通センサデータを合理的に用いた最尤推定法により、BPR型とDavidson型のリンクコスト関数を推定した。また、これらをS都市圏の道路網を対象とした時間帯別交通量配分に適用し、現況再現性の検討を行うことによって適用可能性を検証する。

2. リンクコスト関数

BPR関数は、米国道路局(US Bureau of Public Roads)が1964年の交通配分マニュアルで紹介した次のような関数である。

$$t(q) = t_0 \left\{ 1 + a \left(\frac{q}{C} \right)^b \right\} \quad (1)$$

ここで、 $t(q)$ は旅行時間、 q は交通量、 t_0 は自由走行時間(ゼロフロー時所要時間)、 C は実用交通容量、 a 、 b は実交通現象から推定されるパラメータである。

Davidsonは、 $M/M/1$ ()待ち行列系の待ち時間を与える式に遅れのパラメータ($J > 0$)を導入するとともに、リンクの総旅行時間はサービス時間(=自由走行時間)と遅れを加えたものであるとして次式を導出している。

$$t(q) = t_0 + J t_0 r / (1 - r) = t_0 \left\{ 1 + J \left(\frac{q}{C - q} \right) \right\} \quad (2)$$

ここで、 r は利用率であり、 l/m で定義される。 l は到着率、 m はサービス率であり、式(2)では、 l を交通量 q 、 m を交通容量 C として導出している。

3. 使用データと推定方法

できるだけ汎用性の高い関数を推定するために、旅行時間データには平成9年度に実施された道路交通センサの走行時間データを用いた。ただし、渋滞領域にあると思われるものや、その他の異常値を示すデータは除いている。Davidson関数の推定の際には混雑率が1以上となるデータについても除く。

ここでは、単位時間内に走行する車両のリンク所要

時間は確率変数であり、その分布は時間帯ごとに独立であるという仮定のもとに、時間単位のリンクコスト関数を推定する。式(1)、(2)の C にはリンクごとの算出が合理的で容易な時間可能交通容量を用いた。

自由走行速度 t_{a0} は信号交差点の数や沿道条件などの道路条件に影響されると考えられることから、道路条件などを説明変数とする線形関数と仮定して、そのパラメータも推定する。

本研究では、BPR関数を以下に示す3つの方法で推定する。M-1では、単位距離リンク a を時間帯 i に走行する n 番目車両の所要時間 t_{ai}^n が前述の仮定を満足し、その平均値 \bar{t}_{ai} 、分散 s_{ai}^2 が、

$$\bar{t}_{ai} = t_{a0} \left\{ 1 + a \left(\frac{q_{ai}}{C} \right)^b \right\} \quad (3)$$

$$s_{ai}^2 = s_{a0}^2 (\bar{t}_{ai}) = (A \exp[B(\bar{t}_{ai} - t_{a0})])^2 \quad (4)$$

なる母数をもつ正規確率分布に従うと仮定する。

いま、所要時間の確率密度関数がリンクごとに独立であると仮定できるとすれば、リンク a の i 時間帯に観測された n 番目車両の所要時間が t_{ai}^n である確率密度は、

$$f(t_{ai}^n | \bar{t}_{ai}, s_{a0}^2(\bar{t}_{ai})) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} s_{a0}(\bar{t}_{ai})} \exp \left[-\frac{(t_{ai}^n - \bar{t}_{ai})^2}{2s_{a0}^2(\bar{t}_{ai})} \right] \quad (5)$$

となる。このときの尤度関数 $L_2(q)$ は、

$$L(q) = \prod_a \prod_i \prod_n f(t_{ai}^n | \bar{t}_{ai}, s_{a0}^2(\bar{t}_{ai})) \quad (6)$$

となる。 q は未知パラメータベクトルであり、これらの推定値は $\max : \ln L(q)$ を満足する最尤推定量として推定できる。

1985年HCMによれば、容量に達した時点での交通流のサービス水準を速度で見ると自由走行速度の2分の1程度、つまり旅行時間は自由走行時間の2倍となることから、 $\beta = 1.0$ でなければならない。M-2では、 β を1に固定して、M-1の推定方法でその他のパラメータを推定する。M-3では、走行時間の観測値と推定値との残差平方和を最小にすることにより推定する方

キーワード：リンクコスト関数、交通量配分、道路交通センサ

連絡先：〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39番1号 Tel: 096-344-2111

表 - 1 BPR関数の推定例 (M-1)

対応道路		都市間高速	都市高速	幹線多車線	幹線2車線	準幹線多車線	準幹線2車線						
観測リンク数		673	140	2672	8555	457	4419						
サンプル数		736	299	4704	10790	798	5564						
		パラメータ	t 値	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値						
a		0.275	20.2	0.583	85.6	1.260	160.5	0.369	146.3	0.866	40.7	0.663	338.4
B		3.346	190.9	0.970	20.4	1.746	129.0	1.604	303.5	1.205	21.7	1.576	97.4
A		0.166	36.8	0.061	11.3	0.293	88.8	0.256	122.2	0.258	28.1	0.259	72.2
B		8.910	18.3	7.656	5.5	1.482	71.2	2.664	177.8	1.627	10.9	1.576	86.4
t ₉₀	定数項	0.057	8.5	0.318	24.8	0.715	80.4	0.743	206.4	1.265	60.7	0.929	150.1
	指定最高速度	0.923	40.1	0.472	8.6	0.467	38.8	0.443	80.3	0.107	1.8	0.367	20.0
	信号交差点密度	-	-	-	-	0.080	17.7	0.136	48.5	0.054	8.1	0.083	17.9

法である。Davidson 関数については、BPR 関数の M-1 と同じ方法で、パラメータを推定した。

M-1 による推定結果を表-1 に示す。道路種別ごとに推定値はばらつきがみられるものの、一般道路での a は 1.0 前後、b は 1.5 程度であり、高速道路とは明らかに異なる。また、都市間高速では a の値はかなり小さく、b が他に比較して大きい。

4. リンクコスト関数の適合性の検証

推定されたリンクコスト関数は配分交通量の現況再現性によって評価されるべきである。ここでは、推定した3つのBPR関数を実際の道路網に設定し、時間帯別配分交通量の適合度を比較する。このとき、溝上ら¹⁾と松井ら²⁾の推定パラメータを用いた場合との比較も行った。配分対象ネットワークは、リンク総数 3638、ノード数 1113、セントロイド数 186 で構成された S 都市圏 PT ネットワークである。

幹線 2 車線道路について適合性の評価指数の一部を表-2 に示す。M-2、M-3 では、時間帯、つまり混雑状況によって適合性に大きな差が生じるが M-1 は安定しており、かつ、大半の評価指数に対して最も高い適合性を示した。また、溝上らや松井らのパラメータを用いた場合との比較でも M-1 の方が適合度は高いという結果が得られている。図-1 はピーク時(7:00~8:00)とオフピーク時(12:00~13:00)、および7時から19時までの12時間合計交通量についての推計値と実績値を示したものである。両者の適合度はいずれも高い

といえよう。

5. おわりに

本研究では、道路交通センサスの走行時間データを用いて最尤推定法により、より適合性、実用可能性の高いリンクコスト関数を推定することができた。

参考文献

- 1) 溝上章志・松井寛・可知隆：日交通量配分に用いるリンクコスト関数の開発，土木学会論文集，第401号 / -10, pp.99-107, 1989.
- 2) 松井寛・山田周治：道路交通センサスデータに基づくBPR関数の設定，交通工学，Vol.33, No.6, 1998.

表 - 2 推定精度評価分析結果

	M-1			松井式			溝上式		
	7時	12時	12時間合計	7時	12時	12時間合計	7時	12時	12時間合計
相関係数	0.65	0.64	0.70	0.56	0.65	0.70	0.60	0.51	0.710
a (y=ax+b)	0.79	0.61	0.80	0.74	0.61	0.84	1.57	0.57	0.87
b (y=ax+b)	139	41	748	233	50	861	-5	59	363
F 値	233.0	219.2	319.2	145.7	241.3	314.7	178.4	114.9	327.5
SEE	253	126	2008	301	121	2118	578	165	2148
RMSE	265	151	2070	333	143	2174	642	184	2177
SEE/RMSE	0.96	0.84	0.97	0.90	0.85	0.97	0.9	0.90	0.99
AE ² (%)	3.6	10.0	0.01	14.0	6.70	1.6	13.0	3.8	0.3
DSD ² (%)	5.0	0.3	2.6	7.2	0.6	4.9	48.3	1.3	6.4
CV ² (%)	91.0	89.4	97.1	78.6	92.4	93.2	38.4	94.6	93.0

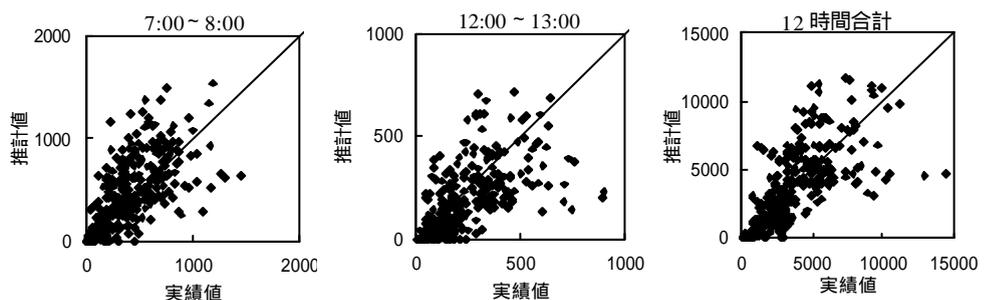


図 - 1 実績値と推計値の散布図 (幹線 2 車線道路, M-1)