日交通量配分に用いるリンクコスト関数の推定

名古屋工業大学　正員　松井　寛
九州東海大学　正員　溝上　章志
名古屋工業大学　学生員　○可知　隆

1．はじめに

従来、ＢＰＲ型リンクコスト関数は時間単位でしか定義されていない。しかし、日交通量の静的配分を行う場合のリンクコスト関数には日交通量と平均的日コストとの関係を示す日単位のものが定義されていなければならない。本研究の目的は、①日交通量の配分時に用いる合理的なリンクコスト関数の導出を行うこと、②独自に行った旅行時間調査データを用いたパラメータの推定方法を開発すること、③パラメータの推定結果の検討を行うことにある。

2．日リンクコスト関数の定式化

本研究では、本来は時系列的に変動しているリンクａ上を時間帯 i に走行している車両の所要時間を、平均が $\overline{t_{ai}}$，分散が平均所要時間の関数 $\sigma^2_{ao}(\overline{t_{ai}})$ をパラメータとする確率分布に従う確率変数と仮定する。いま、リンクａ，時間帯 i の単位距離当りの時間平均所要時間関数が

$$\overline{t_{ai}} = t_{ao}\{1+\alpha\left(\frac{q_{ai}}{q_{ao}}\right)^{\beta}\} \qquad (1)$$

なるＢＰＲ型関数で表されると仮定する。ここで t_{ao} はリンクａのゼロフロー時の所要時間、q_{ai}は時間帯 i のリンク交通量、q_{ao}は時間可能容量である。このとき、リンクａを走行する１日の走行車両の日平均所要時間 $\overline{t_a}$ および分散 $\sigma_a{}^2$は次式で表される。

$$\overline{t_a} = \Sigma q_{ai}\overline{t_{ai}}/\Sigma q_{ai} = (1/Q_a)\Sigma q_{ai}\overline{t_{ai}}$$

$$= t_{ao}\{1+\alpha\left(\frac{Q_a}{Q_{ao}}\right)^{\beta}\frac{\Sigma \eta_{ai}{}^{\beta+1}}{\eta_{ai\max}{}^{\beta}}\} \qquad (2)$$

$$\sigma_a{}^2 = (1/Q_a)\quad \Sigma q_{ai}[\sigma^2_{ao}(\overline{t_{ai}})+\overline{t_{ai}}^2]\overline{t_{ai}}$$

$$-(1/Q_a{}^2)(\Sigma q_{ai}\overline{t_{ai}})^2$$

$$= \Sigma \eta_{ai}[\sigma^2_{ao}(\overline{t_{ai}})+\overline{t_{ai}}^2]\overline{t_{ai}}-\overline{t_a}^2 \qquad (3)$$

ここでQ_aは日交通量、Q_{ao}は日可能容量であり、通常 $q_{ao}/\eta_{ai\max}$ で定義されている。η_{ai}は時間係数、$\eta_{ai\max}$ はピーク率である。式(2)は日リンクコスト関数に日可能容量にQ_{ao} を用いた場合には、式(1)で定義された時間ＢＰＲ関数のパラメータ α を $\frac{\Sigma \eta_{ai}{}^{\beta+1}}{\eta_{ai\max}{}^{\beta}}$ で補正しさえすればよいことを示している。$\frac{\Sigma \eta_{ai}{}^{\beta+1}}{\eta_{ai\max}{}^{\beta}}$ は時間変動パターンとピーク率から求まる。この補正係数は常に1.0 以下の値をとり、図１に実線で示される時間ＢＰＲ関数の傾きを破線の様に下方にシフトさせる度合を示す。式(2)を用いてすべてのリンクに日リンクコスト関数を設定する場合、時間変動パターンとピーク率両方のデータが必要になるが、式(2)は以下の様に変形することができる。

$$t_a = t_{ao}[\ 1+\alpha\ \{\frac{Q_a}{q_{ao}(\Sigma \eta_{ai}{}^{\beta+1})^{-1/\beta}}\}\ ] \qquad (4)$$

式(4)の $q_{ao}(\Sigma \eta_{ai}{}^{\beta+1})^{-1/\beta}$は、時間ＢＰＲ関数のパラメータ α,β を日ＢＰＲ関数にそのまま用いたときの日可能容量に相当する容量とみなすことができる。

3．パラメータの推定方法

以下に式(1)，または式(4)の α,β、およびリンクａの時間帯 i に走行する車両の所要時間の標準偏差関数を以下に示す関数型で仮定したとき

$$\sigma^2_{ao}(\overline{t_{ai}}) = A\cdot\exp\{B(\overline{t_{ai}}-t_{ao})\} \qquad (5)$$

のＡ，Ｂの推定方法について説明する。

<方法１>　旅行時間調査の結果からすべてのリンクについて時間帯ごとに単位距離当りの旅行時間の平均値と標準偏差を求め、時間帯別交通量と旅行時間の平均値データから式(4)の α と β を、旅行時間の平均値と標準偏差データから式(5)のＡとＢを最小二乗法を用いて推定する。

＜方法２＞　リンクａを一日の間に走行する車両の旅行時間は確率変数であり、これが正規分布に従うと仮定すると、ｋ番目実測旅行時間 $t_a{}^k$ の確率密度関数は次式で表される。

$$f(t_a{}^k)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_a}\exp\left[-\frac{(t_a{}^k-\overline{t_a})^2}{2\sigma_a{}^2}\right] \quad (6)$$

このときの尤度関数は

$$L=\prod_a\prod_k f(t_a{}^k) \quad (7)$$

となり、この尤度関数を最大にするパラメータ α，β，Ａ，Ｂを最尤法により同時推定する。

＜方法３＞　リンクａをｉ時間帯の間に走行する車両の旅行時間は確率変数であり、これが正規分布に従うと仮定すると、ｋ番目実測旅行時間 $t_{ai}{}^k$ は

$$f(t_{ai}{}^k)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_{ao}(\overline{t_{ai}})}\times\exp\left[-\frac{(t_{ai}{}^k-\overline{t_{ai}})^2}{2\sigma^2{}_{ao}(\overline{t_{ai}})}\right] \quad (8)$$

で表される確率密度関数を持つ。このときの尤度関数は次式となり、この尤度関数を最大にするパラメータ α，β，Ａ，Ｂを最尤法により同時推定する。

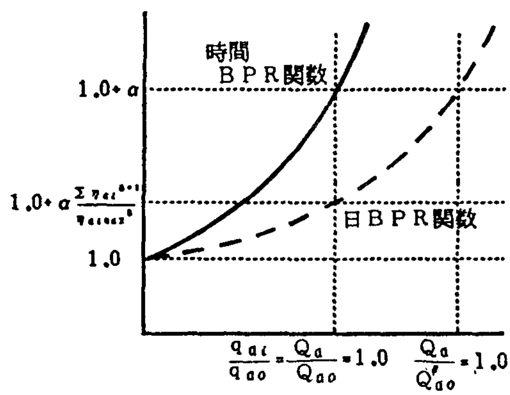
$$L=\prod_a\prod_i\prod_k f(t_{ai}{}^k) \quad (9)$$

４．旅行時間調査の概要とパラメータの推定

旅行時間データは、60年道路交通センサスで24時間の時間帯別交通量が観測されている名古屋市内の上下別30道路区間について、乗用車による実走行調査により収集した。調査時間帯は１日の交通量の変化、およびそれに伴う交通量の変化を代表する朝ピーク時（７～９時），昼オフピーク時（14～16時），夕ピーク時（17～19時），夜間時（22時以降）の４時間帯とした。本実走行調査から得られた旅行時間データは1198サンプルである。推定結果を表１に示す。各手法のパラメータの推定値の間にはばらつきがあり、特に β のばらつきは著しい。しかし α の値は1.0前後であり、これは修正ＢＰＲ関数で採用されている2.62に比べてかなり小さい。米国ＢＰＲでは $\alpha=0.15$ を採用しているが、今回の推定結果はこれらの中間ぐらいの値である。一方、β については方法２で特異な値を示しているが、修正ＢＰＲ関数の6.0よりも小さい。

５．終わりに

本報では日リンクコスト関数の定式化、およびパラメータ推定法に関する方法論を示した。今後はデータの整備を進めると共に、実際の道路への配分結果の適合度分析により本モデルの実用可能性の検討を行うことが課題である。



$$Q'_{ao}=q_{ao}(\Sigma\,\eta_{ai}{}^{\beta+1})^{1/\beta}$$

図　1

表１．パラメータの推定結果

	α	β	A	B	FUN
方法１　(120)	0.994	1.420	1.016	2.640	――
方法２　(1198)	1.420	5.769	0.907	7.78×10^{-5}	－1945.
方法３　(1198)	1.016	0.907	0.404	1.542	－1552.

注．（　　）内の数字はデータ数を示す。