

渋滞を考慮したリンクパフォーマンス関数の設定方法に関する研究

名古屋工業大学 学生員 ○藤田 素弘

名古屋工業大学 正 員 松井 寛

1. はじめに

渋滞はネットワーク上のボトルネックとなる部分、およびその程度を端的に示すものであり、それを分析することは、将来の適正な道路網計画における有力な資料となる。しかし、渋滞は極めて動的な現象であり、それを正確に捉えることは容易ではない。よって、本研究では1時間程度の時間間隔で交通量配分が可能な時間帯別交通量配分¹⁾において用いることができ、かつ、渋滞を考慮できるリンクパフォーマンス関数の設定方法について考察する。ここでは渋滞したリンクの走行時間を非渋滞領域での走行時間とリンク終端での渋滞待ち時間とに区別して考え、非渋滞領域の走行時間は実測データから重回帰分析によって求め、リンク終端での渋滞待ち時間は、実測データから求めることが困難であるため、理論的に設定する。

2. 平均渋滞待ち時間関数の設定

まず、リンク終端の渋滞待ち時間関数を設定する。時間帯別配分では、対象とする時間帯の交通量をその時間帯で平均的に扱うから、このリンク終端での待ち時間も平均的な値である必要がある。よって、以下ではその時間帯の平均待ち時間について考察する。ここでは2種類の平均待ち時間関数を与える。一つはリンクへの流入交通量と流出交通量の関係から求めた現実的な待ち時間であり、他の一つは、渋滞時において成立すべき、互いに隣り合う時間帯の交通流の保存条件を満たすことを目的とした平均待ち時間である。本節では、これらを比較して、渋滞を考慮できるリンクパフォーマンス関数には、どのようなものが適切かを考察する。

さて、渋滞は時々刻々と変化する現象であり、時間帯の幅を1時間程度としても、その現象を記述するにはまだ長いといえる。したがって、その解析にあたってはまず1分間単位で表現することを考え、それを1時間程度の時間帯で平均化することによって、渋滞による待ち時間等の計算式を与えるものとする。

以下に本研究で用いる仮定を示す。

仮定1: 時間帯の幅 (T) > 最長トリップ時間

仮定2: 各OD交通量は時間帯内で一様に発生し、

また、経路上において時間的・空間的に一様に分布する。

仮定3: 渋滞による行列は、設定した各リンクの進行方向における終端から生じるものとするが、その渋滞行列長の影響は無視する。

上記の仮定3は、ネットワーク上の各リンクの終端にそのリンクのボトルネック(最小容量となる交差点等)が存在することを暗に仮定しており、またそれ以前に存在する交差点による信号遅れは後で求める非渋滞領域の部分の設定の際に含まれるものとする。

(a) 現実的な平均待ち時間関数の設定

今、渋滞を生じているリンクaを考える(図-1)。

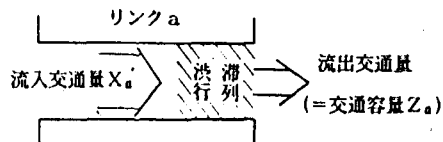


図-1 リンクaの渋滞状況

ここでは非渋滞領域の走行時間は考えていない。このとき、そのリンクへの1時間当たりの流入交通量を X_a 、時間交通容量を Z_a とすると、渋滞しているリンクでは、 $X_a > Z_a$ となる。仮定2より、1分間当たりでも、(1分間当たりの流入交通量 $h_a = X_a/T$) > (1分間当たりの交通容量 $d_a = Z_a/T$) となる。よって、その時間帯の始めから t 分後に行列に加わったドライバーの待ち行列台数は、

$$h_a \cdot t - d_a \cdot t \quad (1)$$

で表される。すると、対象とする時間帯の初めから t 分後に行列に加わったドライバーの待ち時間 $t_w(t)$ は、式(1)がすべて流出することに要する時間に等しいから、

$$t_w(t) = (h_a \cdot t - d_a \cdot t) / d_a \quad (2)$$

となる。 t 分後の dt 分間に流入するドライバーの総待ち時間は $t_w(t) \cdot h_a \cdot dt$ であるので、結局、その時間帯に出発し、対象とするリンクに流入したドライバーの平均待ち時間 T_w は、

$$T_w = \int_0^T t_w(t) \cdot h \, dt / X_a$$

$$= (X_a - Z_a) T / (2 Z_a) \quad (3)$$

で表される。このように求められる T_{u_a} は、現象に忠実に求めているといえる。

(b) 渋滞時の交通流の保存条件からの渋滞待ち時間関数の設定

今、渋滞を生じているリンク a について考える。仮定2より、リンクには時間帯で一様に車が流入し、その時間帯の始めから渋滞が発生するため、このとき、そのリンクからの流出台数は交通容量 Z_a となる。ここで、その1時間における総流入量を X_a 、リンク a の平均走行時間を T_{u_a} であるとする、次式が成立する必要がある。

$$Z_a = X_a - X_a \cdot T_{u_a} / T \quad (4)$$

上式は、リンク a に X_a 台流入しても、流出するには T_{u_a} 分かかるため、第3項の $X_a \cdot T_{u_a} / T$ 台は、リンク a から流出できない。そして、これを第2項の X_a から除いた台数がリンク a からの流出台数となるが、これが交通容量 Z_a と等しくなることを意味する。上式を以下では渋滞時の交通流保存条件と呼ぶ。さて、式(4)を変形すると、

$$T_{u_a} = (X_a - Z_a) T / X_a \quad (5)$$

となる。すなわち、上式で表される渋滞待ち時間 T_{u_a} は渋滞時の交通流保存条件を満たす、理論上の待ち時間といえる。

ここで、式(3)、(5)を図にしたものが図-2である。 T_{u_a} と T_{u_a} は流入交通量 $X_a = Z_a$ から、 $X_a = 2 Z_a$ までは非常によく一致しているが、 $2 Z_a$ 以上になると、両者は離れていく。しかし、① $2 Z_a$ 以上の流入交通量になると相当の大渋滞であり、現実にはあり得ないこと②ドライバーの経路選択基準となる旅行時間は T_{u_a} よりも T_{u_a} によって表されていること。③ T_{u_a} を用いた場合の下流へ流出する台数を計算したところ、 $X_a = Z_a$ から $2 Z_a$ までは平均0.083 Z_a 程度、交通容量よりも過大に流出させる程度であること、などの理由から T_{u_a} を平均待ち時間関数として用いた方が良くと考え、以下 T_{u_a} を用いてモデルを構築する。

3. リンクパフォーマンス関数の設定

ここでは非渋滞領域のリンクパフォーマンス関数の設定する。本研究では重回帰分析によって、非渋滞領域の交通量-走行時間関数を求める。データは道路交通センサスの愛知県、岐阜、

三重県分を用い、また変数には沿道要因(DID率、市街地比率等)、道路構造要因(信号密度、時間交通容量等)を用いた。適当な説明要因を組合わせてモデルを数種類作成し、比較検討した結果、最終的に表-1のような線形重回帰式を得、相関係数0.7程度と比較的良好な結果を得られた。この非渋滞領域の関数と2.で設定した渋滞領域の関数を組み合わせると、結局、渋滞を考慮したリンクパフォーマンス関数は図-3のようになる。

4. 今後の課題

本研究で提案した渋滞を考慮したリンクパフォーマンス関数は式(4)で表現される渋滞時の保存条件を考慮したものであるが、実際の配分においてはこのような保存条件を満足できる配分モデルの開発が必要である。
参考文献 1) 藤田, 松井, 溝上: 時間帯別交通量配分モデルの開発と実用化に関する研究, 土木学会論文集・IV, No. 389, 1988

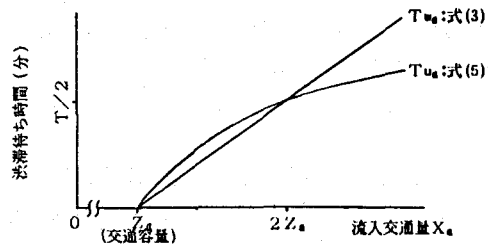


図-2 2つの平均渋滞待ち時間関数の比較

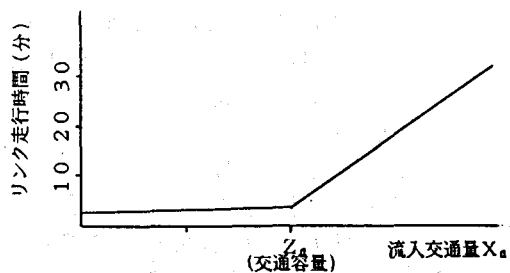


図-3 渋滞を考慮したリンクパフォーマンス関数

表-1 一般道路における時間 q - t 式の重回帰分析結果

	定数項 [km/分]	信号密度 [箇所/km]	規制速度 [km/時]	単路部時間容量 (1車線当たり) [pcu/時/車線]	混雑度	F値	重相関係数	データ数
2車線	3.770	0.169 (10.312 [*])	-1.745 $\times 10^{-2}$ (5.844)	-1.679 $\times 10^{-3}$ (8.313 [*])	0.371 (5.224)	141.4 [*]	0.695	609
多車線	2.973	0.248 (12.251)	-1.555 $\times 10^{-2}$ (2.643)	-6.791 $\times 10^{-4}$ (4.632)	0.588 (4.157)	99.5 [*]	0.757	302

注) 上段は偏回帰係数、()内はt値を示す。*有意水準5.0%で有意。従属変数の単位(分)