

IV-224 交通状態の不確定性を考慮した適正経路交通量

京阪電気鉄道 正会員 泉谷 透
 京都大学工学部 正会員 内田 敬
 京都大学工学部 正会員 飯田 恭敬

1. はじめに

道路は日常生活を営むうえで基本的な施設であるが、渋滞によってサービス水準を低下させている。渋滞対策は、長期的には道路施設の改善によるべきであるが、現存施設にあっても、利用方法の工夫によって状況の改善が可能である。例えば、ネットワーク容量に余裕があるにも関わらず、特定経路に交通が集中して渋滞が起り易くなっている場合には、他の経路に交通を分散させることで、渋滞の生起確率の低下と渋滞による損失の低減を図ることが可能であろう。

本研究は都市域の道路網を対象とし、渋滞による時間損失に着目して最適な経路交通量を求める。この際に旅行時間と渋滞生起の不確定性を明示的に考慮する。この最適経路交通量は経路誘導などを行なう際の目標として位置づけられる。著者らは既に、渋滞を確率事象として取り扱うリスク分析的アプローチを提示した¹⁾。今回はモデル計算によって、その有効性を検討する。

2. 適正分担交通量問題の定式化

単一ODペアを対象として定式化を行う。OD交通量は一定値 Q 、各経路の費用、状態は経路間でそれぞれ独立である状態の下では旅行時間は正規分布すると仮定する。OD交通量一定であるから、決定変数は経路交通量の代わりに分担率 α_i を用いて、適正分担交通量問題を次式のように期待費用最小化問題として定式化する。

$$EC(Q) = \sum_i \sum_x \sum_t Q \alpha_i t \cdot P(t|x_i, \alpha_i) P(x_i|\alpha_i) \rightarrow \min \quad (1)$$

ここに、

α_i, t, x_i : 経路 i の分担率、時間費用、状態、

$P(t|x_i, \alpha_i)$: x_i, α_i の下で、時間費用が t となる確率、

$P(x_i|\alpha_i)$: α_i の下での状態 x_i の生起確率。

a) 状態の定義 長さ Δt の時間帯を考え、状態 x を渋滞($x=1$)非渋滞($x=0$)で表す。ある一つの状態のもとでは平均交通量や旅行時間分布は一樣かつ一定であり、経路 i の状態 $x(i)$ の生起確率はその経路の平均混雑率(交通量/交通容量)のみに依存すると仮定する。

b) 時間費用 経路交通量が一定でも個々のドライバーが

経験する旅行時間は確率変動するため、ドライバーは旅行時間の変動に対応するための安全余裕時間を見込んで出発時刻を決定する。安全余裕時間を含んだ旅行時間を Effective Travel Time²⁾(実効旅行時間) t_e と呼ぶ。

$$t_e(\alpha) = t_a - t_0 = \mu_T + \sigma_T \phi^{-1}(\sigma_T/\gamma) \quad (2)$$

ただし、 $(\sigma_T/\gamma) \leq \phi(0) (=0.399)$ 、

ここに、 γ : 遅刻に対するペナルティ(時間)。

μ_T, σ_T : 旅行時間の平均、標準偏差(時間)。

t_a : 目的地に到着すべき時刻(時)。

t_0 : 出発時刻(時)。

$\phi(\cdot)$: 標準正規確率密度関数。

安全余裕時間は、旅行時間分散、遅刻ペナルティの大きさに依存して定まる。時間費用は実旅行時間で与えるが、少なくとも実効旅行時間相当の費用は生じるものとする。

3. モデルネットワーク

1OD2リンクの単純なネットワークを仮定する。2つのリンクは並行しており代替関係にある。経路1を高速道路、経路2を一般道路とする。計算に用いるネットワーク特性、利用者特性を表1に示す。表中に*を付したもののについては、感度分析を行なう。

平均旅行時間は修正BPR関数 $T(q)$ を用い、旅行時間の分散は平均旅行時間から次式で与える。

$$\sigma_T^2 = qb^{2-r}(\mu_T - a)^r \quad (3)$$

表1 計算に用いるネットワーク特性、利用者特性

		経路1	経路2
OD交通量	Q	(変数)	
交通容量	C_i	共に 4,320台/h	
通行料	Ch	*	0円
実効旅行時間	自由走行時間	t_{f1}	1h
	旅行時間分散	q	0.014
	式(3)のパラメータ	r	2
	遅刻のペナルティ γ	*	
渋滞による平均遅れ時間式(4)のパラメータ		ν	*
渋滞の生起確率 $P(1 \alpha)$		*	*

ここに、 $a = T(\mu_Q) - \mu_Q \cdot T'(\mu_Q)$ 、 $b = T'(\mu_Q)$ 、

μ_Q : 平均交通量、 q, r : パラメータ、

経路の状態による旅行時間分布 $N[\mu_T, \sigma_T]$ の相違を、
渋滞と非渋滞の平均旅行時間の差(遅れ時間) w で与える、

$$w(\alpha) = v(\alpha Q/C_1)^2 \quad (4)$$

ここに、 C : 交通容量、 v : パラメータ、

渋滞の生起確率は、阪神高速の自然渋滞に関するデータを回帰分析して得た次式を基本とする、

$$P = \exp[A + B(\alpha Q/C_1)] \quad (\text{相関係数: } 0.78) \quad (5)$$

$$A = -12.0, \quad B = 14.2$$

OD交通量は両経路の交通容量の和で基準化し、0.0から1.0まで0.01ずつ変化させ、それぞれの交通量の下での適正分担率を求める。

本アプローチによる交通量配分(リスク配分と呼ぶ)の有効性を検証するため、非渋滞時の旅行時間分布に基づく実効旅行時間を用いた等時間配分を行ない、表2に示す時間費用を用いた3通りの基準によって比較する。

表2 種々の状態における時間費用

	期待値	両経路非渋滞	両経路渋滞
リスク配分	y_e	(y_u)	y_c
等時間配分	z_e	z_u	(z_c)

・基準①: $y_e < z_e$ ・基準②: $y_e < z_u$ ・基準③: $y_c < z_u$
基準①は期待値の比較で、これを満たさない範囲ではリスク配分と等時間配分は等しい。基準②を満たす場合にはリスク配分を行うと、平均して、等時間配分の下でのいかなる状態より費用が小さい。基準③を満たせば、リスク配分でたとえ渋滞が生起しても、等時間配分の非渋滞時よりも費用が小さく、きわめて有効である。

4. 数値計算結果

表1に示したように、①高速道路の通行料、②遅刻ペナルティ、③遅れ時間、④渋滞生起確率、について感度分析を行なうこととし、計13ケースのモデル計算を行なった。結果の詳細は割愛するが、基本ケース(ケース1)でのリスク配分と等時間配分フローの時間費用を図1に、高速道路の通行料金を変化させたときの、基準①～③を満たす交通量の範囲の変化を図2に示す。

感度分析の結果を以下にまとめる。

- (1) 渋滞生起確率に対しては基準②以外は感度が低いが、遅れ時間については感度が高い。渋滞現象のモデル化に際しては、遅れ時間をより慎重に扱う必要がある。
- (2) 料金を下げることによって基準②を満たす交通量は

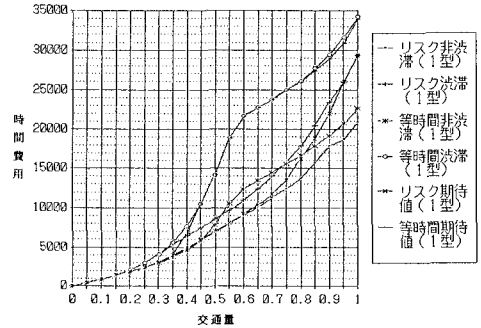


図1 時間費用の比較(ケース1)

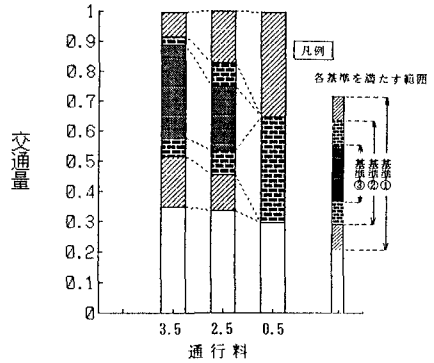


図2 リスク配分が有効となる交通量(通行料を変化)

小さくなり、基準③を満たす範囲は狭くなる(図2)。これは料金を下げることによって、等時間配分がリスク配分状態に誘導されるためである。

- (3) 遅刻ペナルティが大きくなると、基準③を満たす範囲が広がる。これは安全余裕時間が大きくなって等時間非渋滞の時間費用が相対的に大きくなるからである。
- (4) 交通量が0.5～0.7の付近では基準③が満たされる場合が多く、リスク配分がきわめて有効である。

5. おわりに

本研究では、OD交通量を削減せずに渋滞による時間損失の期待値を最小にする経路交通量を明らかにした。今回は、利用者が渋滞に関する情報を持たないとして仮定したが、利用者の渋滞への対応行動に着目したアプローチもとる必要がある。また、高速道路利用者には料金に見合うサービス水準を維持するという制約を付加することも今後の課題である。

【参考文献】

- 1) 内田, 飯田, 小早川: リスク分析手法による経路の適正分担交通量, JSCE第44回年次学術講演会, pp.514-515, 1989.
- 2) Hall, R.W.: Travel outcome and performance: the effect of uncertainty on accessibility, Transpn. Res., Vol.17B, pp.275-290, 1983.