

都市高速道路の適正分担率に関するリスク分析的アプローチ

京都大学工学部 正 員 飯田恭敬
 京都大学工学部 正 員 内田 敬
 京都大学工学部 学生員 ○小早川泰彦

1. はじめに

現在、道路網は容量に対し過剰な需要と頻繁に起こる事故により渋滞が慢性化している。本研究では道路の有効利用方策として、経路交通量を適正化することを取り挙げ、利用者のニーズに基づいた評価基準を設定した上で、リスク分析の手法を適用して最適な経路交通量を明らかにすることをめざす。一般に利用者に経路選択を任せた場合、交通量は等時間配分の原則に従いそれぞれの経路に配分される。このとき、「利用される経路については所要時間が皆等しく、利用されないどの経路のそれよりも小さい」状態になる。これに対しここでは、渋滞を考慮したときの経路交通量の適正分担率の提案を行う。

2. 最適化問題の定式化

1) 評価基準の検討

道路によるサービスは、その消費自体が便益になるのではなくその目的地に到着して初めて便益が生じる。その意味で道路は目的に対する手段ともいえるだろう。利用者はより便益を得るために、あるいはより確実に便益を得るために道路サービスに迅速性と定時性を求める。この定時性・迅速性を考慮した利用者の旅行時間として、実効旅行時間が提案されている¹⁾。実効旅行時間 t_e は次式のようなである。

$$t_e(\alpha) = \bar{t}(\alpha) + t_s(\alpha) = \bar{t}(\alpha) + \sigma(\alpha) \phi^{-1}(\beta/\gamma) \quad (1)$$

第1項は旅行における期待旅行時間であり、第2項は利用者が見積る余裕時間である。なお、 $\bar{t}$ と t_s は混雑度により変化することから t_e は分担率 α の関数となる。一般に渋滞により旅行時間に遅れ時間が上乘せされる。従って、利用者の時間費用は次のようになる。

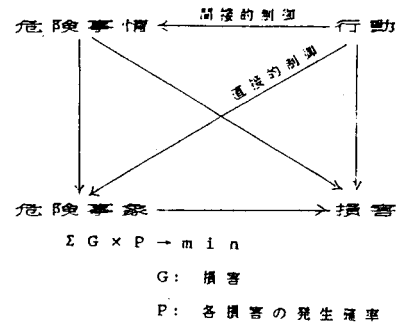
$$t = t_e + t_s$$

2) リスク分析手法の適用

リスク分析手法とは、損害の発生が起こっていない状態で、その偶発的な発生の可能性を検討の対象とし、未然に損害を防ぐ方法論の総称である²⁾。一般に何か危険が生じるとき、それに対して行動を起こすが、その結果としてなんらかの損害が生じる。この損害が生じる確率をリスクと定義する。さらに危険は、偶発的な災害や事件そのものとしての危険事象と、危険事象の発生する環境条件、要因全般をさす危険事情とに区別される。この危険事象が被害客体になんらかの損害をもたらす(図1)。

次に、渋滞現象についてリスク分析の概念を当てはめてみる。まず、自然渋滞や事故渋滞といった突発事象を危険事象とし、行動として経路交通量の分担率をとる。さらに、道路の混雑度など危険事象の生起の要因となるものを危険事情に、また渋滞による時間損失を損害とみなす。すると危険事情の1つの決定要因である分担率を操作することにより、損失を最小にするという最適化問題を提案できる。すなわち時間帯毎の総時間費用ECの最

t_i : 渋滞による1台当りの遅れ時間
 σ : 旅行時間の分布の標準偏差
 ϕ^{-1} : 正規確率密度関数の逆関数
 β : 時間価値
 γ : 遅刻に対するペナルティ
 V_i : 渋滞の影響を受ける車両台数平均
 P_i : その状態の発生確率
 D_i : 総需要



リスク分析手法による簡単な定式化の例

図1 リスク分析の概念

小化問題として適正分担率決定問題の定式化を行う。いま1OD2リンクを考え、危険事象として自然渋滞(ξ)、事故渋滞(η)、両方が同時に生じたもの(θ)を考える。時間帯jについて一方のリンクの分担率 α_j を操作変数とすると、

$$\begin{aligned} EC_j(\alpha_j) = & TL_{j0}(\alpha_j) + \sum \sum \sum V_j(\xi_1, \eta_1, \theta_1 | \alpha_j) \times t_1(\xi_1, \eta_1, \theta_1 | \alpha_j) \\ & \times P_j(\xi_1, \eta_1, \theta_1 | \alpha_j) \\ & + \sum \sum \sum V_j(\xi_2, \eta_2, \theta_2 | \alpha_j) \times t_2(\xi_2, \eta_2, \theta_2 | \alpha_j) \\ & \times P_j(\xi_2, \eta_2, \theta_2 | \alpha_j) \rightarrow \min \end{aligned} \quad (2)$$

ただし、 $TL_{j0}(\alpha_j)$ は渋滞を考慮しないときの総時間費用である。

$$TL_{j0}(\alpha_j) = F1 + F2 = \alpha_j D_{j1} t_{01}(\alpha_j) + (1 - \alpha_j) D_{j2} t_{02}(1 - \alpha_j) \quad (3)$$

3. 簡単な計算例

2での定式化を受け、具体的な数値を代入し計算を行った。但しここでは1日の総時間費用の最小化問題に置き換えた。また、リンク1を高速道路、リンク2を一般街路とし、各経路の特徴を考慮して、各数値を定めた。図2より TL_0 と $(F3+\dots+F8)$ をそれぞれ最小にする分担率は異なる。よって、 α_{OPT} と α_{OPT}' は一致しないことがわかる。また全ての総需要に対し以下の関係が成り立つ(添え字optはECを最小にする分担率の状態、opt'は TL_0 を最小にするとき、EVEは等時間原則にしたがったときの状態を示す)。

$$(TL_0)_{OPT'} \leq (TL_0)_{OPT} \leq (TL_0)_{EVE}$$

ここで具体的に、各リンク容量 $C1=5.35 \times 10^4$, $C2=5.35 \times 10^4$, 総需要 $V=5 \times 10^4$ のとき、それぞれ次のようになる。

$$(TL_0)_{OPT'} = 1,053,530 \quad (TL_0)_{OPT} = 1,053,768$$

$$(TL_0)_{EVE} = 1,103,450$$

これは渋滞を考慮したときの最適分担率が、渋滞を考慮しないときにも、利用者均衡状態時に比べ利用者の総時間費用を改善することを示している。

4. おわりに

本研究では渋滞の被害を少なくするために、あらかじめ分担率を操作することを提案した。計算の結果から渋滞を考慮した最適分担率の有効性が示された。一方渋滞が発生しないときの事前流入制御は、高速道路の便益を受ける利用者が減るというロスを生じる。渋滞が生じたときの損失の減少との比較検討をする必要があると思われる。

(参考文献)

1) Hall, R.W.: Travel outcome and performance, the effect of uncertainty on accessibility, Transportation Research, Vol. 17B, pp. 275-290, 1983

2) 岡田憲夫: 災害のリスク分析の見方, 土木学会土と消防セミナー講習会テキスト, 1985.7

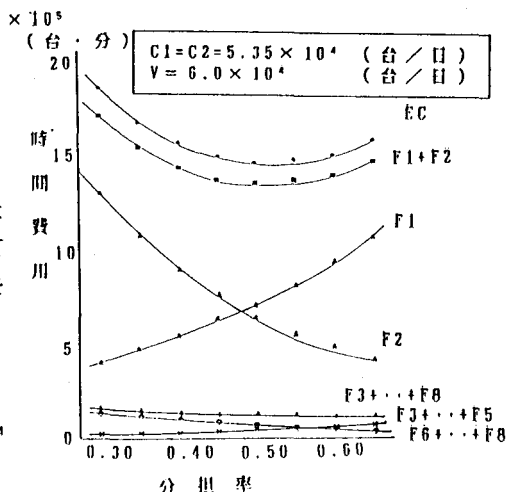


図2 分担率と時間費用の関係
F3, F8はそれぞれ高速道路、一般街路の自然渋滞の影響分の総遅れ時間を加える関数であり、F4, F7は事故渋滞の影響を、F5, F6では自然渋滞と事故渋滞が同時に生じたときの影響を考慮している。

図2 分担率と時間費用の関係

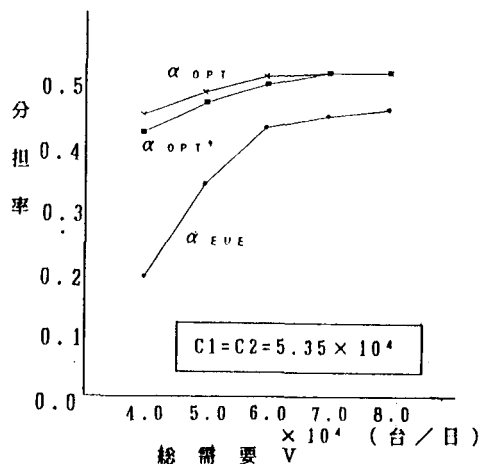


図3 総需要と分担率の関係