

IV-236 リスク分析手法による経路の適正分担交通量

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
 阪 急 電 鉄 小早川泰彦

1. はじめに

都市域における道路交通は、需要の時間的・空間的偏在と相対的な施設の不足により頻繁に渋滞にみまわれている。本研究では経路の分担交通量を適正化することにより既存施設を有効に利用し、サービス水準を向上させることを考える。渋滞の生起は不確定であることからリスク分析手法を適用し、総利用費用最小化問題として定式化を行う。

2. リスク分析手法の適用

ここでいう適正な分担交通量とは、システム最適フローを実現するようなものである。しかし従来の方法では経路の交通量は確定的に扱われており、今日のように渋滞が頻繁に生起しているような状況には対応できない。なぜなら渋滞はあくまでも偶発的なものだからである。渋滞が道路の機能を阻害し、サービス水準を大きく低下させることを考えると、不確定な状況にも対応できるような最適化手法が望まれる。

渋滞の発生が予想され、事前に対応策を検討するときにリスク分析手法は有効である。リスク分析手法は、偶発的な損害の発生の可能性を検討対象とし、損害の軽減を図るための科学的方法論の総称である¹⁾。その基本概念は以下のようにまとめられる。

- ・ 損害：偶発的な事象による不利益。
- ・ リスク：損害の生じる確率。
- ・ 危険

危険事象：損害をもたらすような偶発的な事象。

危険事情：危険事象の発生するような環境条件、
 要因全般（検討対象となる対応策は除く）。

- ・ 行動：損害軽減のための対応策。

ここで以上の諸概念を道路の渋滞問題にあてはめてみる（図1参照）。危険事象としては自然渋滞ならびに事故渋滞を取り上げる。行動としては分担交通量を考える。危険事情には経路を構成する道路の容量や設計速度、並びに混雑度等の挙動変数が含まれる。

リスク分析は損害が生起する以前にあらかじめ対応を検討するものであるから、行動選択の基準は損害と

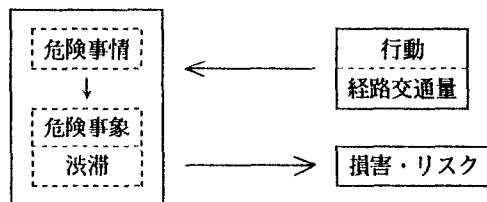


図1 リスク分析の概念

そのリスクによって与えられる期待損失である。また行動の効果には、危険事象の生起確率を低下させるような直接的制御（予防）とともに、危険事象が発生した際の損害を低減するように危険事情を対象とする間接的制御（軽減）が期待できる。

以上より、渋滞の生起を考慮した最適分担交通量問題を、経路交通量を操作変数とする費用最小化問題として次のように定式化する。ただし、ある一つのODを取り上げ、そのOD交通量が与件のときに、そこで利用可能ないくつかの経路の交通量を総期待費用最小化基準により決定するものとする。

$$EC(V) = \sum_X \{C(X|V) \times P(X|V)\} \rightarrow \min. \quad (1)$$

ここに、EC：総期待費用

V：経路交通量ベクトル

X：各経路の状態ベクトル

C(X, V)：Vの下で状態がXのときの費用

P(X, V)：Vの下で状態Xが生起する確率

3. 費用

道路に求められる機能をみたときに迅速性の重要度が高いことから、費用として旅行時間を取り上げる。ところで道路によるサービスは、目的地への到達だけでは不十分で、ある時刻までに到着可能であることが重要である。特に今日のように渋滞が頻繁に発生して所要時間が不確かな状況下では、迅速性の他に定時性に対する考慮も重要である。そこで定時性も同時に考慮した旅行時間として、有効旅行時間(Effective Travel Time)²⁾の概念を用いる。有効旅行時間 t_e は、旅行時間の分布が生起分布に従うと仮定すると次

式で与えられる。

$$t_s(v) = \bar{t}(v) + \sigma(v) \phi^{-1}(\beta/\gamma) \quad (2)$$

ここに、 v : 経路交通量

$\bar{t}$: 平均旅行時間

σ : 旅行時間の標準偏差

ϕ^{-1} : 標準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

式(2)の右辺第2項は、安全余裕時間(Safety Margin)と呼ばれる。これは目的地に遅刻せずに到着するために見積られる余裕時間で、遅刻する場合の損失と早めに出発する不効用との比較により決定される。余裕時間は出発以前に見積られるものであるから、仮に予想よりも早く到着したとしても、もはや取り返しのつかないものであることが多い。逆に渋滞に巻き込まれるなどした場合も、旅行時間があらかじめ予定していた実効旅行時間以下であるならば、時間的損失はないに等しい。したがって旅行時間 t は次式のように定義する。

$$t(v) = \begin{cases} t_s(v) & (t_s < t_s) \\ \bar{t}(v) + t_s & (t_s \geq t_s) \end{cases} \quad (3)$$

ここに、 t_s : 遅れ時間

t_s : 余裕時間

4. 簡単な例題

例題として1OD2リンクの道路網を対象として数値計算を行う。選択可能な経路は、都市高速道路と平面街路とする。最適化の時間単位は1時間とする。いまOD交通量 V が与件とすると、各経路の交通量は一方の分担率を定めれば与えられるので、都市高速道路の分担率 α_1 を決定変数とする。経路の状態は生じた危険事象の種類によって表す。すなわち、経路 i の状態集合 X_i を

$$X_i = \{x_0, x_1, x_2, x_3\}$$

x_0 : 非渋滞

x_1 : 自然渋滞

x_2 : 事故渋滞

x_3 : 複合渋滞

とする。なお、渋滞は多くとも1回しか発生しないものとする。また両経路の状態は相互に独立とする。以上より式(1)を次式のように変更する。

$$EC(\alpha_1) = \sum_i \sum_j \{t(x_j | \alpha_1) \cdot \alpha_1 \cdot V \cdot P(x_j | \alpha_1)\} \rightarrow \min. \quad (4)$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1$$

計算結果の詳細については割愛するが、図2にOD交通量 V を変動させたときの適正分担率を示す。

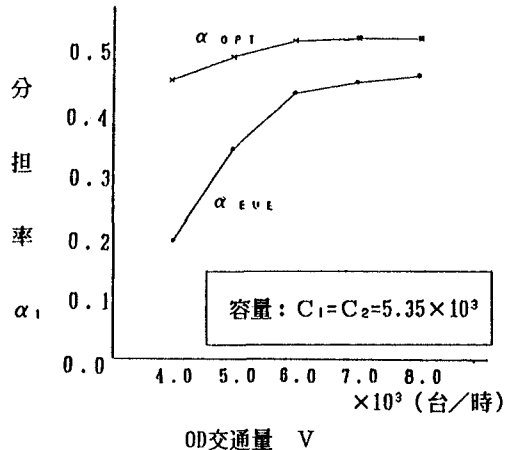


図2 OD交通量と分担率の関係

この図に示されているように、本研究で提案したアプローチによる適正分担率(α_{OPT})と利用者均衡状態の分担率(α_{EUE})は大きく異なっており、この差は交通量が容量に近いところでも依然として大きい。このことから渋滞に対して事前に対応を行うことの効果は大きいことが期待される。

5. おわりに

本研究では、渋滞の生起を考慮した場合の適正分担率へのアプローチの方法を提案した。この方法は、渋滞の生起を抑制し、また渋滞の影響を小さくするような事前交通量制御の有用性に関する検討を可能にするものである。事前交通量制御は確率的な期待値計算によるため、渋滞発生時にはその効果が大きいことが期待されるが、逆に、結果として非渋滞時に走行するドライバーにとっては損失を招くことになろう。今後、より詳細な検討を行うことによって最適な制御方法について考察を行う予定である。

<参考文献>

- 1) 岡田憲夫: 災害のリスク分析的見方, 土と防災セミナーテキスト, 土木学会, 1985.
- 2) Hall, R.W.: Travel outcome and performance: the effect of uncertainty on accessibility, Transportation Research, Vol.17B, pp.275-290, 1983.