

旅行時間変動による損失を考慮した 適正経路分担交通量

System Optimal Flow Considering the Losses
Resulting from Travel Time Variation

飯田 恭 敬*, 内田 敬**, 泉谷 透***

By Yasunori IIDA, Takashi UCHIDA and Toru IZUMITANI

This paper presents a new concept of system optimal flow considering travel time variation, and formulates based on risk analysis approach. The flow proposed minimizes the expected total users' cost which consists of both the effective travel time and delay time. Travel time variation is expressed by probability distribution conditioned with route traffic condition, congested or un-congested, which is also a probability event. Numerical calculation for the case of an ideal two link network is performed in order to compare the flow derived from proposed formulation with user-equilibrium one.

1. はじめに

都市域の道路においては慢性的に発生する渋滞が市民生活や社会・経済活動にとって大きな障害となっており、渋滞対策が強く求められている。しかし近年の地価高騰により、道路施設の建設による容量の拡張は以前にも増して困難さが高まり、需要調整による既存施設の有効利用方策が必要とされている。この点から、交通情報提供によるドライバーの経路誘導¹⁾や時差出勤制といったソフトウェア的な対策が注目されるようになってきた。これらの対策は、

交通需要を空間的・時間的に分散させてピークをならすことによって、交通需要の総量を減ずることなく渋滞を予防・軽減しようとするものである。これらの対策が実施されるとき、どの程度交通を分散させればよいのであろうか。実現されるべき理想的な交通流はどのようなものであろうか。

本研究では、空間的配分に限定し、利用経路の分散誘導をおこなう際の目標として位置づけられる望ましい交通流状態のひとつの考え方を提示する。それは、渋滞の発生を抑制し、仮に渋滞が発生した場合であってもその損失を極力回避するような交通流である。ここでは、渋滞の発生などによる旅行時間の変動を明示的に取り扱い、旅行時間変動に起因する時間損失を最小にするような経路交通量を適正な経路分担交通量として定義する。旅行時間変動を考慮するにあたり、経路の交通状態を渋滞と非渋滞とに分け、交通状態の遷移に基づく変動と、それぞれの状態の下での変動として取り扱う。渋滞の生起、

* 正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学教室 (〒606 京都市左京区吉田本町)

** 正会員 工修 京都大学助手 工学部交通土木工学教室 (〒606 京都市左京区吉田本町)

*** 正会員 京阪電気鉄道
(〒540 大阪市中央区京橋1-47-5)

非生起は不確定であるため確率事象として取り扱いリスク分析の考え方にしたがって問題を整理することとし、期待費用最小化問題として適正経路分担交通量決定問題を定式化する。

以下、2. ではリスク分析の考え方にしたがって問題の整理を行ない、それを受けて3. で定式化を行なう。4. では簡単な例題を設定し数値計算例を示す。最後に5. で本稿の結論と今後の課題を述べる。

2. 適正経路分担交通量

(1) 渋滞対策と適正経路分担交通量

利用者の意識変化や経済・社会活動の高度化・サービス化に伴って、道路サービスとして迅速性と定時性が注目されている²⁾。迅速性・定時性の向上は、混雑度の低減による旅行時間の減少と、渋滞の発生頻度の抑制ならびに渋滞長の縮小という2つの側面から対策が可能であるが、渋滞は不確定な事象であるためにその取り扱いが困難である。しかし、都市域においては決して稀な現象ではなく、一旦渋滞が発生すると旅行時間を大幅に増加させる（阪神高速道路では昭和62年度全線で1日平均44.2回の渋滞が発生し、1回当りの平均渋滞時間、平均渋滞長はそれぞれ2時間5分/回、4.5km/回であった³⁾）。したがって、渋滞を明示的に取り扱って、迅速性・定時性を向上させるような施策を検討することが重要である。

施策の実施方法、代替案の相互比較を行なうに際して、目標となる望ましい交通状態を明らかにしておくことの意義は大きい。ここでは経路誘導を行なう場合を取り上げ、道路利用者の総効用を最大にするような規範的な交通量配分を考えることとし、そのときの各経路の交通量を適正経路分担交通量と呼ぶ。利用者の総効用は、総時間費用を負の効用と考えることによって定義する。

(2) リスク分析による問題の取り扱い

渋滞のように、その生起が不確実であり、なおかつそれに伴う費用が大きいという潜在的に危険な環境に直面したとき、科学的に対策を検討する過程をリスク分析と呼ぶ。

リスク分析において、以下の諸概念⁴⁾が重要である。

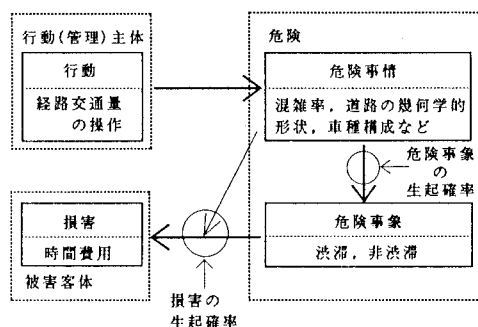


図1 リスク分析の諸概念

- ・行動/行動主体
- ・危険
 - 危険事象
 - 危険事情
- ・損害/被害客体

これら相互の関係を図1に示す。危険事象とは損害の直接原因となる確率事象、危険事情とは危険事象の背景として存在し、また損害の大きさを規定する環境条件である。この両者から構成される危険は、損害をもたらす可能性を有したシステムである。危険に直面した行動主体は危険事情に対して行動をとるが、ある確率で危険事象が生起して被害客体が損害を被る。行動主体と被害客体は必ずしも同一ではない。

このようなリスク分析の枠組みによって、適正分担交通量問題を図1に示すように整理することができる⁵⁾。まず、損害として総時間費用を考える。被害客体は道路利用者全体である。時間費用は渋滞の生起・非生起によって大きく変動するので、危険事象は渋滞の生起とする。渋滞はその原因によって事故渋滞、自然渋滞等に分けられるが、渋滞の原因となる事象ではなく、渋滞そのものを危険事象とする。行動としては平均的な経路配分交通量の操作を取り上げる。行動主体は道路の管理主体である。この場合、行動主体は道路利用者の立場に立って自身の行動を決定することになる。危険事情は種々考えられるが、行動として経路交通量の操作のみを取り上げているので、混雑率(交通量/交通容量)のみを明示的に取り上げる。その他の要因については計算に用いられる種々の関数のパラメータとして考慮することが可能である。

この場合に、総時間費用を最小とするような適正分担交通量は、次の最小化問題の解として与えられる。

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

ここに、EC：期待費用

t ：経路 i の時間費用

Q ：経路交通量 q_i のベクトル

X ：経路の状態 x_i のベクトル

$P(t|X, Q)$ ： Q 、 X の下での t の確率

$P(X|Q)$ ： Q の下での X の確率

状態 x_i は経路 i における渋滞の生起・非生起によって定義される。

行動の目的は一般に、損害の①予防、②軽減、にわけられるが、式(1)に示すように、経路交通量の操作は両方の効果を持つ。すなわち、混雑率を変化させることを介して、①状態（渋滞）の生起確率と、②損害の発生確率の両方に対して影響する。

3. 定式化

定式化にあたり以下の前提条件を仮定する。

- ① O D ペアは1つで、総交通量は一定値 V である。
- ② 評価対象として一つの時間帯を取り上げ、前後の時間帯との関連は考慮しない。
- ③ 評価の対象とする時間帯内では交通条件は一定。
- ④ 各経路の交通条件の説明変数は、その経路の混雑率のみである。
- ⑤ 各経路の実旅行時間は、渋滞時、非渋滞時それぞれにおいて正規分布する。

ここに交通条件とは、平均交通量、旅行時間分布、渋滞の生起確率分布を意味する。道路施設容量の変更は考えないため、前提①と併せて、経路交通量の代わりに各経路の分担率 α を決定変数として用いる。

以上の前提の下で適正分担交通量決定問題は図2に示すような手順で定式化される。まず渋滞・非渋滞の生起確率と、分担率ごとに渋滞・非渋滞別の旅行時間分布を定める。次に、旅行時間から時間費用を求めたうえで、状態について期待値演算を行って分担率ごとの時間費用分布を得る。そして時間費用の期待値をとることによって分担率と期待費用の関係を明らかにし、期待費用を最小にする分担率を適

正分担率とする。

(1) 状態の定義

経路 i の状態を、渋滞が生じた回数 $x(i)$ によって表す。交通条件は一定と仮定しているので、渋滞が2回以上生起する場合は考えないこととし、

$$x(i) = \begin{cases} 0 & (\text{非渋滞}) \\ 1 & (\text{渋滞}) \end{cases} \quad (2)$$

である。

$x(i)$ の生起確率は平均混雑率のみに依存するものと仮定する。経路 i において状態 x になる確率を、分担率 α_i によって $P_i(x|\alpha_i)$ と表す。

(2) 旅行時間分布

経路 i の実旅行時間 T は渋滞時、非渋滞時それぞれにおいて正規分布 $N[\mu_T, \sigma_T^2]$ 、 $N[\mu_{T'}, \sigma_{T'}^2]$ に従うものとする。非渋滞時の、交通量と平均旅行時間の関係は、各経路がそれぞれ1リンクで構成されるものとして修正BPR関数を用いて次式で与える。

$$\mu_{T1}(\alpha) = T(\alpha V) = t_{fi} \{1 + 2.62(\alpha V / C_i)^5\} \quad (3)$$

ここに、 t_{fi} ：経路 i の自由走行時間(時)

C_i ：経路 i の交通容量(台/時)

V ：O D 交通量(台)

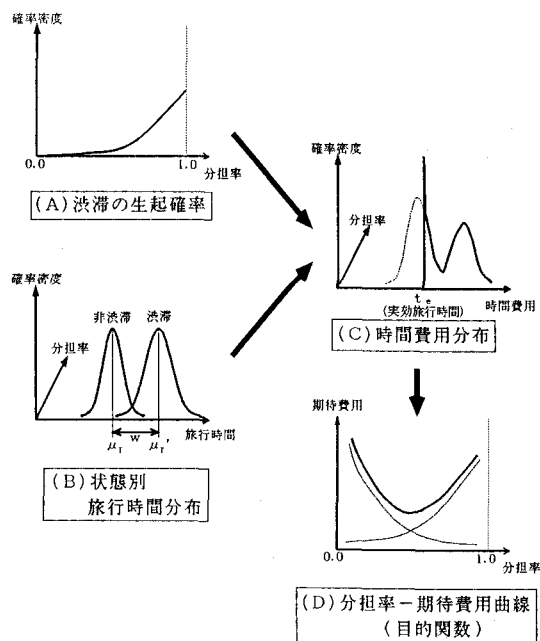


図2 定式化のながれ

分散 σ_T^2 は以下のようにして、平均値 μ_T の関数として与える。

交通量の平均、分散をそれぞれ μ_a, σ_a^2 とすると、次のような関係式が成立することが知られている⁶⁾。

$$\sigma_a^2 = r \mu_a^s \quad (4)$$

r, s はパラメータ

一方、修正BPR関数を平均値 μ_a のまわりでテイラー展開すると、

$$\begin{aligned} T(\alpha V) &\doteq T(\mu_a) + T'(\mu_a) \cdot (\alpha V - \mu_a) \\ &= a + b \alpha V \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{ここに } a &= T(\mu_a) - \mu_a \cdot T'(\mu_a) \\ b &= T'(\mu_a) \\ &= 13.1 t_{f1} / C_1 (\mu_a / C_1)^4 \end{aligned}$$

となることから、正規確率変数の線形関数に関する性質より、次の関係が成り立つ。

$$\begin{cases} \mu_T = a + b \mu_a \\ \sigma_T^2 = b^2 \sigma_a^2 \end{cases} \quad (6)$$

これを式(4)に代入して次の関係式を得る。

$$\sigma_T^2 = r b^2 \mu_a^s (\mu_T - a)^s \quad (7)$$

渋滞時に関しては、非渋滞時からの平均的な遅れ時間 $w(\alpha)$ を考え、平均値 μ_T' を $\mu_T' = \mu_T + w$ で与える。分散 $\sigma_T'^2$ は、 μ_T' を μ_T の代わりに式(7)に代入して求める。なお、渋滞による平均的な遅れ時間 w は混雑率の増加関数とする。ここでは、次式のように仮定する。

$$w(\alpha) = v (\alpha V / C)^2 \quad (8)$$

v は経路の性格により決定するパラメータ。

(3) 時間費用

時間費用は、利用者の行動を考慮したうえで道路サービスにおける迅速性と定時性を反映するようなものとする。

目的地への到着時刻に制約がある場合、ドライバー（例えば通勤者）は目的地で余分な時間を費やさずに済むようにできるだけ遅く出発したいが、同時に遅刻をすればペナルティが課せられることも考慮にいれて出発時刻を決定する。すなわち、次のような最適化行動として出発時刻を選ぶ⁷⁾。

$$L = \beta (t_a - t_0) + \gamma (1 - F(t_a | t_0)) \rightarrow \min \quad (9)$$

ここに β : 時間価値 (円/分)

γ : 遅刻に対するペナルティ (円)

t_a : 目的地に到着すべき時刻

t_0 : 出発時刻

$F(t_a | t_0)$: 出発時刻が t_0 のときに時刻 t_a までに到着する確率

ここで t_a が与件のときに L を最小にする t_0^* を求める。知覚旅行時間が非渋滞時の実旅行時間と同様に正規分布 $N[\mu_T, \sigma_T^2]$ に従うならば、

$$\frac{dL}{dt_0} = -\beta + \gamma \cdot \frac{1}{\sigma_T} \cdot \phi \left(\frac{t_a - t_0 - \mu_T}{\sigma_T} \right) \quad (10)$$

ここに、 $\phi(\cdot)$: 標準正規確率密度関数

であるから、

$$t_0^* = t_a - \{ \mu_T + \sigma_T \phi^{-1}(\sigma_T \beta / \gamma) \} \quad (11)$$

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

$\beta, \gamma > 0$

となる。 $(\beta / \gamma) \sigma_T > \phi(0)$ のときには、遅刻に対するペナルティが相対的に小さいために平均旅行時間のみによって出発時刻が決定される。このような t_0^* によって定義される時間 $t_e = t_a - t_0^*$ は、ドライバーが移動のために費やすことを覚悟した時間であり、これを Effective Travel Time⁷⁾ (実効旅行時間) という。 μ_T, σ_T は、旅行者が出発時に見積るものであるから、結果として実現する経路の状態には依存せず、分担率 α のみの関数である。また、 β と γ はそれらの相対的な大小関係によって上式に影響を与えるので、 γ の単位を時間にし、 β を1とおいても一般性を失わない。これらより、 t_e は次式で表される。

$$\begin{aligned} t_e(\alpha) &= \mu_T(\alpha) \\ &+ \sigma_T(\alpha) \phi^{-1}(\sigma_T(\alpha) / \gamma) \end{aligned} \quad (12)$$

右辺第1項は平均旅行時間で、迅速性の指標である。第2項は出発時に旅行者が見積る Safety Margin⁸⁾ (安全余裕時間) である。この大きさは旅行時間の分散の大小に比例するので、定時性の指標となる。また遅刻に対するペナルティといった社会的な評価

も反映される。

t_e は出発前に見積もるものであるから、仮に予想より早く到着しても余った時間による便益はあまり期待できない。逆に渋滞が生起しても、実旅行時間 T が、あらかじめ見積った時間 t_e 以下であれば損失の増分はない。 t_e を越えるならば、遅れ時間 $t_q(X|\alpha_1)$ だけ損失が生じる。したがって、経路 i において分担率 α_1 、状態 X のときの時間費用を $t_1(X|\alpha_1)$ と表すと、

$$t_1(X|\alpha_1) = \begin{cases} t_e(\alpha_1) & (T \leq t_e) \\ T = t_e(\alpha_1) + t_q(X|\alpha_1) & (T > t_e) \end{cases} \quad (13)$$

(4) 損害の発生確率

時間費用 t の全利用者についての総和を損害と考えるが、経路 i における時間費用 t の発生確率は状態の生起確率 $P(x|\alpha)$ と、状態が x のときに時間費用が t となる確率 $P(t|x, \alpha)$ の積で表される。

非渋滞時に時間費用が t となる確率 $P(t|0, \alpha)$ は式(13)の関係をを用いて次のように与えられる。

$$P(t|0, \alpha) = \begin{cases} \Phi\left(\frac{t_e - \mu_T}{\sigma_T}\right) & (t \leq t_e) \\ \frac{1}{\sigma_T} \phi\left(\frac{t - \mu_T}{\sigma_T}\right) dt & (t > t_e) \end{cases} \quad (14)$$

ここに、 $\Phi(\cdot)$:標準正規確率分布関数

渋滞時の確率 $P(t|1, \alpha)$ は、非渋滞時の関係式(14)において、 μ_T の代わりに $\mu_{T'}$ を、 σ_T^2 の代わりに $\sigma_{T'}^2$ を用いることによって与えられる。

(5) 目的関数

式(1)に示した目的関数から、経路 i に関する部分だけを取り出すと、

$$\begin{aligned} EC_i(\alpha_1) &= \sum_{x, t} \alpha_1 V \cdot t \cdot P(t|x_1, \alpha_1) P(x_1|\alpha_1) \\ &= \alpha_1 V \sum_{x, t} t \cdot P(t, x_1|\alpha_1) \end{aligned} \quad (15)$$

ただし、 $P(t, x_1|\alpha_1) = P(t|x_1, \alpha_1) P(x_1|\alpha_1)$

上式に式(13)を用いると、

$$EC_i(\alpha_1) = \alpha_1 V \sum_{x, t} \{t_{e1}(\alpha_1) + t_{q1}(X|\alpha_1)\} \times P(t, X|\alpha_1)$$

$$= \alpha_1 V \{t_{e1}(\alpha_1) + \sum_{x, t} t_{q1} \cdot P(t, X|\alpha_1)\} \quad (16)$$

ただし、 $t = t_e + t_q$

上式に示すように、経路 i の期待費用は実効旅行時間と遅れ時間の期待値に分けて考えることができる。

式(3)、(7)に示すように $\mu_T, \sigma_T, \mu_{T'}, \sigma_{T'}$ は α の関数であるから、経路数が m 本であるとき、適正経路分担交通量決定問題は α を決定変数とする次のような問題となる。

$$EC(\alpha) = \sum_{i=1}^m EC_i(\alpha_i) \rightarrow \min \quad (17)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$$

4. 数値計算例と結果の検討

簡単な例題を設定して数値計算を行う。道路ネットワークにおいて全く制御をせず経路選択を利用者に任せると、等時間原則によって交通量は配分されるといわれるが、この配分との比較を行い本定式化の有効性を確かめることを目的とする。

(1) 例題の設定

ここでは、10D2リンクで2つのリンクが並行している（経路が2つ）という基本的な問題を考えることとする。利用可能な2つの経路の一方($i=1$)は高速道路、もう一方($i=2$)は一般道路とする。経路 i の分担率を α_i で表すと、 $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ である。ここでは添字を省略し、特に断わらない限り高速道路の分担率を α とする。（一般道路の分担率は $1 - \alpha$ となる。）

このような例題において、式(16)、(17)に示した適正経路分担交通量決定問題は、高速道路の分担率 α を決定変数とする次式のような問題となる。

$$\begin{aligned} EC(\alpha) &= \alpha V \cdot (t_{e1} + t_{q1} + t_{q2}) + Ch \\ &\quad + (1 - \alpha) V \cdot (t_{e2} + t_{q2} + t_{q2}) \end{aligned} \quad (18)$$

ここに、

t_{e1} : 経路 i の実効旅行時間

t_{q1} : 経路 i の非渋滞時の時間損失の期待値

t_{q2} : 経路 i の渋滞時の時間損失の期待値

Ch: 料金/時間価値

時間損失とは、実旅行時間と実効旅行時間の差である。

数値計算を行うにあたっては、表1に示すように、混雑率と渋滞の生起確率の関係や種々の変数ならびにパラメータを決める必要がある。これらは、適用対象とする道路のデータを用いて統計的に決定すべきものである。ここでは、表1に*で示した、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、関数型は操作性の高いものを仮定してパラメータの値も恣意的に与えた。OD交通量Q（両経路の交通量の和で基準化する）を、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。なお、旅行時間分布のパラメータr、sは北陸自動車道で求められた値⁶⁾r=0.028、s=2を参考にした。

感度分析は基本となる交通条件を定め（ケース1）、条件①～④を個々に変化させて比較することとし、表2(a)に示す13ケースのモデル計算を行なった。交通条件を表す記号の定義は表2(b)に示す。ここに設定した値も恣意的なものであるが、渋滞の生起確率と混雑率の関係については阪神高速のデータを用いて以下のような検討を行なった。

用いたデータは、自然渋滞に関して1988年11月からの1年間に、地点別・月別に集計された渋滞発生回数（n回）、渋滞の平均継続時間（ t_c 時間/回）、断面交通量（ Q' 台/日・2車線）である。評価する時間帯の幅は1時間とした。このデータより、

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		V	
通行料		Ch	
交通容量		C_i	
実効旅行時間	自由走行時間	t_{f1}	1h
	旅行時間分散	r	0.014
	式(4)のパラメータ	s	2
	遅刻のペナルティ	γ	*
渋滞による平均遅れ時間		ν	
式(8)のパラメータ		π	
渋滞の生起確率		$P(1 \alpha)$	

（*の値については、表2を参照のこと）

渋滞の生起確率 ϕ を、

$$\phi = \frac{n \times t_c}{24 \times (\text{観測日数})} \quad (19)$$

混雑率 π を、基本交通容量Cを用いて

$$\pi = \frac{(\text{交通量})}{(\text{可能交通容量})} = \frac{Q'/18}{C} \quad (20)$$

として算出し、渋滞生起確率 ϕ を混雑率 π で回帰分析した。線形回帰と対数回帰を試みた結果、

$$\phi = \exp(A + B\pi) \quad (\text{相関係数:0.78}) \quad (21)$$
$$A = -12.0, \quad B = 14.2$$

が得られた。表2(b)中に示す ϕ としてこの関数を用いる。

(2) 従来の配分原則との比較方法

本手法によって与えられる適正分担交通量の有効

表2(a) 交通条件とケース番号

遅れ時間	料金	ペナルティ	生起確率			
			A	B	C	D
a	ア	I	9	10		
		II	1	2	3	4
	イ	I	13			
		II				
b	ウ	I	11	12		
		II				

表2(b) 交通条件

		経路1	経路2
渋滞の生起確率	A	$0.2 \times \phi$	$0.3 \times \phi$
	B	ϕ	$1.3 \times \phi$
	C	ϕ	$3 \times \phi$
	D	$2 \times \phi$	$4 \times \phi$
遅れ時間	a	2.0	4.5
	b	2.0	2.0
料金	ア	3.5h	0
	イ	2.0h	0
	ウ	0.5h	0
ペナルティ	I	5h	
	II	100h	

（Pは式(22)に定義される値）

性を確かめるために、等時間配分の場合との比較を行なう。等時間配分については、ドライバーが経路選択に際して用いる旅行時間を実効旅行時間で考え、

$$t_{e1} + (\text{料金}) / (\text{時間価値}) = t_{e2} \quad (22)$$

となるような配分とした。すなわち、安全余裕時間を見込んだうえで等時間になるものとしている。

リスク分析による配分（以下リスク配分と呼ぶ）と等時間配分は、次に示す2つの観点から比較することができる。

①分担率の比較

分担率は各経路の混雑度の指標であり、経路の特性にふさわしいサービス水準となっているか否かを検討できる。また両配分結果の差をとることによって、リスク配分を実現するときに影響を受ける交通量（台数）を知ることができる。

②時間費用による比較

本研究では総期待費用最小化というシステム最適化を考えているので、等時間配分に比べてどれだけ費用が減少するかを見ることは、リスク配分の有効性を考える上で意義がある。しかしリスク配分を実現するために要する費用が明らかでない場合、費用の減少額だけで有効性を論ずるのは問題である。そこで、ある条件の下でリスク配分の費用が等時間配分の費用より小さくなるような混雑率の範囲に着目する。この範囲が広がれば、リスク配分の有効性は高いと考える。

費用の比較は、両配分結果の期待費用によって行なうのが基本である。期待値は、事前に渋滞の生起を考慮にいれた平均の値であるので、ある期間をとったときに実際に生じる総費用に一致する。しかし、実際に個々の旅行者が経路を通るときには、状態は非渋滞か渋滞のどちらかであるので、それぞれの状態になったときに費用がどうであるかということも検討する必要がある。そこで、表3に示す4通りの時間費用を用いて、リスク配分の有効性に関して次に示す3つの基準を設定する。

- ・ 基準①： $y_e < z_e$
- ・ 基準②： $y_e < z_u$
- ・ 基準③： $y_c < z_u$

基準①は期待値の比較である。リスク配分は期待費

表3 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)

用を最小にする配分であるから、これを満たさない混雑率の範囲では両配分結果は等しく、リスク配分は有効とはいえない。基準②は基準①よりも厳しい基準である。これを満たす混雑率の範囲では、リスク配分を行えば、平均して、等時間配分のもとでのいかなる状態よりも費用が小さくなる。基準③は最も厳しい基準であり、このような混雑率の範囲では、リスク配分でたとえ渋滞という最悪の状態になろうとも、等時間配分で最良状態である非渋滞のときよりも費用は小さくなるため、リスク配分がきわめて有効である。

(3) 計算結果

表2に示したそれぞれのケースについて、基準①～③を満たす交通量の範囲は図3のようになる。これらの結果を見る限り、どのような交通条件であってもリスク配分による分担率は高くなっており、基準①～③を満たす交通量の範囲は存在する。

感度分析の結果を以下にまとめる。

- 1) 図3(a)をみると、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ケース1と5を比較するとわかるように感度が高い。渋滞現象のモデル化に際しては、遅れ時間をより

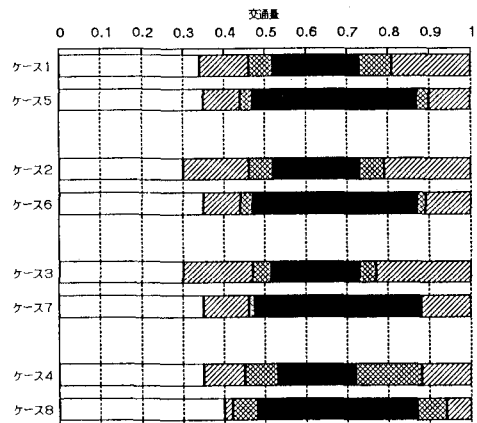


図3(a) リスク配分が有効となる分担交通量の範囲
(渋滞生起確率、遅れ時間を変化)

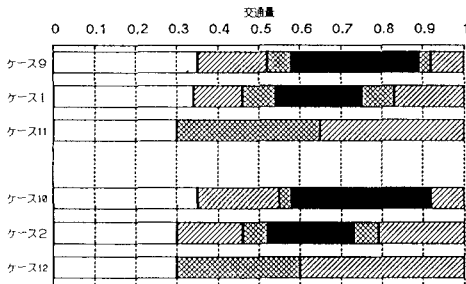
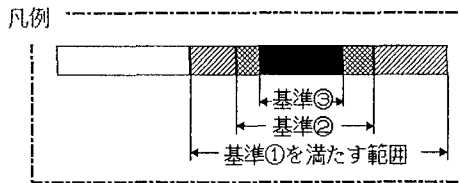


図3 (b) リスク配分が有効となる分担交通量の範囲
(渋滞発生確率、料金を変化)

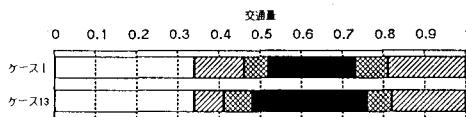


図3 (c) リスク配分が有効となる分担交通量の範囲
(遅刻のペナルティを変化)

慎重に扱う必要がある。

- 2) 料金を下げることによって (図3 (b)において ケース 9, 1, 11の順に) 基準②を満たす交通量は小さくなり、基準③を満たす範囲は狭くなる。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、図3 (c)に示すように基準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の近辺では基準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を最小にする経路交通量を明らかにした。ここでは交通量配分を経路ごとの分担関係で捉え、適正分担交通量決定問題として取り扱った。数値計算の結果、リスク配分が有効となる交通量の範囲がか

なり広く存在しており、料金政策や情報提供による経路誘導など、リスク配分を実現するような方策を検討する意義が認められた。

最後に、今後の課題を挙げておく。

- 1) ここでの定式化は、概念の整理に主眼を置き、実現現象を必ずしも反映していない。操作性を考慮すれば、ここでおいた種々の仮定が一般性を大きく失うことはないと思われるが、データの収集も含めて実現現象の詳細な分析が必要である。
- 2) 単一ODに限定せず、ネットワーク上でのマルチコモディティフローを取り扱えるものへの拡張を図らねばならない。
- 3) 今回はドライバーが渋滞に関する知識、情報を持ち合わせていないものとした。しかし日常的に通行しているドライバーは渋滞に対応して行動するであろうから、利用者の情報蓄積過程を検討し実効旅行時間の与え方を改善する必要がある。

<参考文献>

- 1) 飯田恭敬：交通管理のハイテク化と都市交通計画、都市問題研究、Vol.41, No.12, 1989.
- 2) 加藤文教、門田博知、浜田信二：道路の信頼性評価の簡便法、土木計画学研究・論文集、No.4, pp.181-188, 1986.
- 3) 長谷川能史：阪神高速道路の渋滞対策、第43・44回交通工学講習会資料、交通工学研究会、1989.
- 4) 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.
- 5) 内田 敬、飯田恭敬、小早川泰彦：リスク分析手法による経路の適正分担交通量、土木学会第44回年次学術講演会講演概要集、pp.514-515, 1989.
- 6) 飯田恭敬、高山純一、井戸昭典：交通量変動における分布形と平均値・分散の関係、土木学会中部支部研究発表会講演概要集、pp.204-205, 1981.
- 7) Hall, R.W.: Travel outcome and performance: the effect of uncertainty on accessibility, Transportation Research, Vol. 17B, pp.275-290, 1983.
- 8) Thomson, J.M.: The value of traffic management, Journal of Transport Economics and Policy, Vol.2, pp.3-32, 1968.