

信州大学 工学部
阪神外貿準頭公団

正員 奥谷 巖
正員 ○ 中浜 昭人

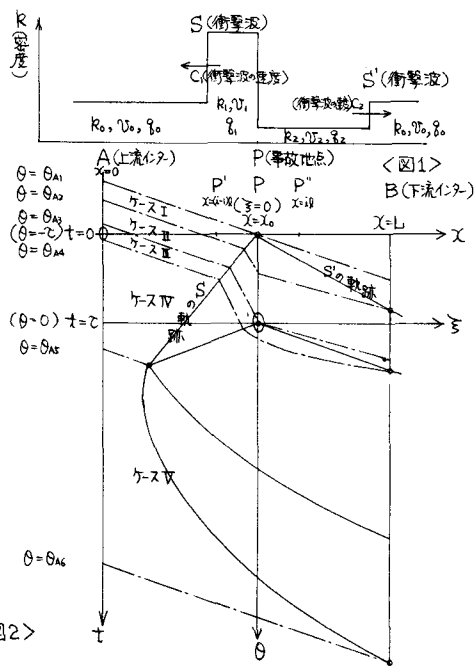
1. 緒言 高速道路における交通管制法は、高速道路が一般道路と完全に access control がなされているという構造上、迂回路を自由に選ぶことができず、また流入・流出口が限定されているという点から出入口での制御法が中心になってきた。しかし、高速道路に迂回路があれば事故などの緊急時の場合には非常に便利なものとなる。わが国の都市間高速道路には、中央分離帯に開口部が設けられており、道路損傷にともなう舗装改良工事の際に対面交通規制が行われた例がある¹⁾。本研究では、事故渋滞の場合に対面交通規制を行ない、事故車線の車を対向方向車線に導入し事故地点を迂回させる制御法について、制御を行なわなかった場合と所要時間を比較することにより考察を行なったものである。なお、本研究では片側2車線の高速道路を考えている。

2. 事故時におけるインター間走行所要時間 事故発生後の渋滞現象については、これまで交通流を流体力学的に扱った「波動理論」によって解析が進められてきた。それによると、上流ランプAから距離 x_0 のP点で事故が発生し、事故による障害物が除去され疎通が再開するまでに τ 時間を要する事故について、事故による交通流の攪乱にまきこまれる後続車のランプ間所要時間が計算されている²⁾³⁾。図2は事故発生後、一般的事象を示したもので、表1はそれを走行挙動を異にする5つのケースに分け、計算結果を示したものである。

AB間で事故による交通流攪乱にまきこまれた車の総遅れ時間Dは、 $D = \int_{\theta_{A2}}^{\theta_{A5}} \{T(\theta_A) - T_0\} \rho_A d\theta_A$ となる。

3. 対面交通規制開始までの準備 いま事故が上流ランプから距離 x_0 の地点Pでおこったとする。また中央分離帯開口部が距離 L ごとに設けられており、P点のすぐ上、下流の開口部をそれぞれP', P'とする。P'は、上流ランプAから第 i 番目の開口部であるとする。

事故発生時刻を $t=0$ とし、事故が検知される時刻を $t=t_d$ とする。事故検知には、緊急電話、パトロール、TVカメラ、検知器などによってなされるが、ここでは時刻 t_d だけを問題にしておく。さて時刻 t_d になると、事故の救援・処理、対面交通を開始するためのサービス車がインターチェンジから出発することになる。この時、対面交通規制を開始



<図2>

ケース	A点進入時刻 $\theta = \theta_A$ の範囲	ランプ間走行所要時間 $T(\theta_A)$
I	$\theta_{A1} \leq \theta_A \leq \theta_{A2}$	$T_0 (= \frac{L}{v_0})$ « 平常時と同じ »
II	$\theta_{A2} \leq \theta_A \leq \theta_{A3}$	$\frac{2}{1+\alpha} \cdot \frac{L-x_0}{v_2} + \frac{4P_0}{1-\alpha} \cdot \frac{x_0}{v_2} + \frac{(\alpha+1-2\beta)(\alpha+1+2\beta)}{1-\alpha} \cdot \frac{\theta_A}{v_2}$
III	$\theta_{A3} \leq \theta_A \leq \theta_{A4}$	$\frac{L-x_0}{v_0} + \frac{1-\beta-\alpha}{1-\beta} \cdot \frac{4P_0}{v_2} \cdot \frac{x_0}{v_2} + \frac{\alpha(\alpha+1+2\beta)}{(1-\beta)(1-\alpha)} \cdot \frac{\theta_A}{v_2} - \frac{(\alpha+1+2\beta)}{(1-\beta)(1-\alpha)} \cdot \frac{\theta_A}{v_2}$
IV	$\theta_{A4} \leq \theta_A \leq \theta_{A5}$	$\frac{L-x_0}{v_2} + \frac{\mu^2 + \mu^2 + 4\sqrt{v_2} \mu^2 (L-x_0)}{2\sqrt{v_2}^2} + \tau - \theta_A$
V	$\theta_{A5} \leq \theta_A \leq \theta_{A6}$	$\frac{L-x_0}{v_2} + \frac{\mu^2 + \mu^2 + 4\sqrt{v_2} \mu^2 (L-x_0)}{2\sqrt{v_2}^2} + \tau - \theta_A$

<表1>

$$T = L/v_0, \theta_{A1} = -\frac{x_0}{v_0}, \theta_{A2} = \frac{2}{\alpha+1-2\beta} \cdot \frac{L-x_0}{v_2} - \frac{L}{v_0};$$

$$\theta_{A3} = -\frac{x_0}{v_0} + \frac{1-\alpha}{4P_0(1-\beta)} \cdot \tau; \theta_{A4} = -\frac{x_0}{v_0} + \frac{1-\alpha}{4P_0(1-\beta)} \cdot \tau + \frac{1}{4P_0(1-\beta)} \cdot \frac{(1-\beta)^2}{\alpha} \cdot \frac{L-x_0}{v_2}; \theta_{A5} = -\frac{x_0}{v_0} + \frac{(1+\beta)\alpha}{(\alpha+1+2\beta)(1-\beta)} \cdot \tau$$

$$\theta_{A6} = \frac{(\alpha+1-2\beta)(\alpha+1+2\beta)}{2(1-\beta)(1-\alpha)} \cdot \tau + \frac{1}{1-2\beta} \cdot \frac{L-x_0}{v_2} + \frac{1}{2(1-2\beta)} \cdot \left\{ (\alpha+1-2\beta)(\alpha+1+2\beta) \cdot \tau + 4(\alpha+1+2\beta)(\alpha+1-2\beta) \right.$$

$$\times (L-x_0)/v_2 \left. \right\}^{1/2} - \frac{L}{v_0} + \tau; \rho_0 = \frac{P_0}{v_0}; \alpha = \frac{2v_0 - v_1}{v_0 - v_1}; \beta = \frac{v_0 - v_2}{v_0 - v_1}; \mu = v_2(1 - \frac{v_2}{v_0}); \tau = \tau_0; v_2 = \text{自由流速度};$$

$$P_0 = \text{飽和密度}; \mu^2 = \frac{1}{v_2} \left\{ 4P_0(L-x_0) + 4P_0(1-\beta) \cdot \frac{L-x_0}{v_2} \right\}; \mu^2 = \frac{1}{v_2} \left\{ \frac{(\alpha+1-2\beta)(\alpha+1+2\beta)}{2P_0} \cdot \tau + \frac{(1-\beta)(\alpha+1)}{P_0} \cdot \frac{x_0}{v_2} - \frac{L}{v_0} \right\}$$

するためのサービス車は、対向車線での標識サービス、事故発生車線の渋滞の発生などを考えると下流インターから出発すべきである。この車がサービス開始地点P'に到着する時刻 t_a は、対向車線の交通量 q_0 に対応する密度 k_0 の交通流中を速度 v_0 でサービス車が走行するわけだから、 $t_a = t_d + \frac{L - l}{v_0}$ となる。

対向車線では、このP'点より標識などを設置し、1車線分を事故発生車線用の交通にあけるために交通規制を開始する。したがって t_a 以後の対向方向車線の容量は1車線分を減じたものになる。標識などを設置していくサービス速度を u とすると、P'までサービスが完了する時刻 $t = t_s$ は、 $t_s = t_a + \frac{l}{u}$ となる。この時刻になれば、対向車線の1車線分は完全に規制されており、一応対面交通ができる態勢になっている。そこで、本論文では、この時刻より対面交通を開始させるものとする。

4対面交通開始後の交通流³⁾ 対面交通開始時刻 t_s における渋滞長 L_j は、 $L_j = C_1 t_s$ となる。渋滞がP点を超えているか否かで事故発生車線の以後の交通流の様相を異にする。この判定は、 $l_j = (X_0 - L_j) - (i-1)l \geq 0$ で行なえる。また対面交通は対向車線の1車線を使用するものとするから、上下方向の交通量が1車線交通容量

		P点の渋滞 時刻 t_s 以降		対面交通開始時刻 t_s における渋滞長 L_j	対面交通開始時刻 t_s における渋滞長 L_j	ランプ間走行所要時間 $t_{A1} \sim t_{A11}$	ランプ間走行所要時間 $t_{A11} \sim t_{A12}$	ランプ間走行所要時間 $t_{A12} \sim t_{A13}$
事故発生車線	1° $l_j \leq 0, q_0 \leq \frac{1}{2} q_c$	ナシ	ナシ	$t_s - \frac{(i-1)l}{v_0}$	$t_s - \frac{(i-1)l}{v_0}$	事故発生 $t=0$ 除去 $t=t_c$ として表1参照	$\frac{L-l}{v_0} + \frac{l}{u}$	事故発生 $t=t_c$ 除去 $t=t_c$ として表1参照
	2° $l_j \leq 0, q_0 > \frac{1}{2} q_c$	ナシ	成長	$t_s - \frac{(i-1)l}{v_0}$	$t_{A11} + \frac{q_c(t_s - t_c)}{2q_0}$	1°に同じ	P'で $\alpha=0.5$ の事故発生 $t=t_c$ 除去 $t=t_c$ として表1	事故発生 $t=t_c$ 除去 $t=t_c$ として表1
	3° $l_j > 0, q_0 \leq \frac{1}{2} q_c$	アリ	解消	$\frac{X_0}{C_1} - (i-1)l \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{v_0} \right)$	2°に同じ	1°に同じ	2°に同じ	2°に同じ
	4° $l_j > 0, q_0 > \frac{1}{2} q_c$	アリ	成長	3°に同じ	3°に同じ	1°に同じ	2°に同じ	2°に同じ
対向車線	5° $q_0^{(c)} \leq \frac{1}{2} q_c$						$T_0^{(c)} + \frac{l}{v_1} - \frac{l}{v_0^{(c)}}$	
	6° $q_0^{(c)} > \frac{1}{2} q_c$						P'で $\alpha=0.5$ の事故発生、発生時刻 $t=t_c$ 除去 $t=t_c$ として表1	

<表2>

面交通区間にはいつてきた車がP'点から出ていくまでは依然として1車線は使えない状態にある。対面交通の影響を免れ、元の交通容量の道路に復帰する時刻 $t = t_k$ は、対面交通区間の車速 $v_1^{(c)}$ として $t_k = t_c + \frac{l}{v_1^{(c)}}$ である。表2に対面交通開始後の上、下方向の交通流の状態とランプ間所要時間の算出法をまとめておく。

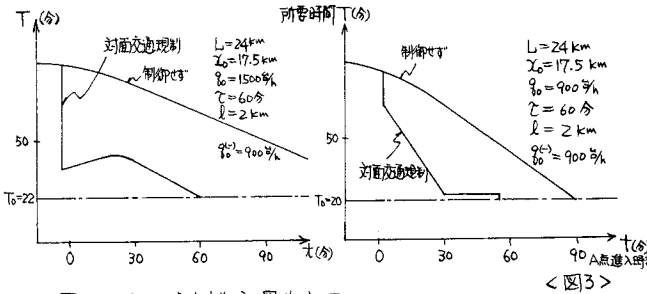
5制御効果 図3は、パラメータに数値を与え、事故車以降の車のランプ間所要時間を試算した結果を図示したものである。制御効果の算定は、制御

により事故が発生した方向車線の遅れ時間の回復（プラスの制御効果）と対向車線の新たな遅れ時間の現出（マイナスの制御効果）を差し引いた値になる。

6結言 対面交通規制による緊急時制御法は、利用車を強制流出させないので一般道路への負担はなく、また事故地点付近だけの迂回であるから制御効果も大きい。

しかし、この制御法は対向方向車線の交通流にも影響を及ぼし、特に対向方向車線の交通量が1車線交通容量以上の時は、対向方向車線にも新たな渋滞を生じ問題がある。また、部分閉塞事故の際にこの制御法を用いると交通流に複雑な擾乱がおり好ましくない。この制御法を用いる際には、危険度の増大に対処する十分な方策が講じられることが必要である。

《参考文献》 1) 佐藤大陸、津田俊治、前田忠顕：「高速道路対面交通規制の交通現象について」第10回道路会議論文集 昭和46年 2) 高速道路調査会：「高速道路の交通流監視制御装置に関する研究報告書」昭和46年2月 3) 中沢昭人：「高速道路における緊急時制御に関する研究」京都大学修士論文 昭和48年3月



<図3>