IV—14　　総所要時間最小化基準による都市高速道路流入制御

名古屋工業大学　○学生員　佐藤 佳朗
名古屋工業大学　　正　員　松井　寛

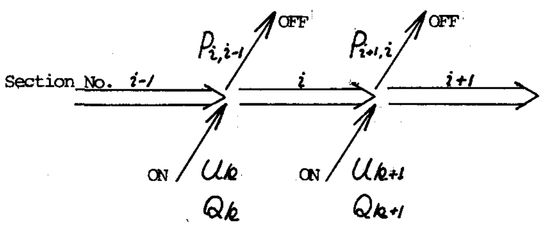
1. まえがき

都市高速道路の流入車制御方法として、定常流を対象としたLP制御などが提案されている。そこでは、評価基準として総流入車数または総利用距離の最大化が用いられていた。従来のこれらの方法では、評価関数として総走行時間をとる場合、旅行時間予測の問題が生じる。このため、本研究では交通密度と速度関数で表現した道路区間上の状態方程式を用いることにより、道路区間上の旅行時間が表現でき、それにより 評価関数としてランプでの待ち時間を含めた総所要時間を用いた流入車制御を行うものである。

2. 定式化

まず、高速道路網を上下方向別に適当な区間に区分して、それぞれにセクション番号をつける。（図-1） そこでセクションi上の交通密度の変化率で表わした状態方程式は次のようになる。

図-1



$$l_i \dot{x}_i(t) = u_k(t) + P_{i,i-1}\{a - b x_{i-1}(t)\} x_{i-1}(t) - \{a - b x_i(t)\} x_i(t) \qquad (1)$$

ここに、$x_i(t)$は時刻tにおけるセクションi上の交通密度，$\dot{x}_i(t)$はその変化率，$\{a - b x_i(t)\} x_i(t)$は交通密度$x_i(t)$の一次式に仮定したときの平均空間速度で，a，bは道路規格によって決まる定数，$u_k(t)$はセクションiに接続する流入ランプkからの流入交通量，$P_{i,i-1}$は上流側セクション$i-1$からセクションiへの推移確率を表わし 高速道路本線が分岐しない場合は$P_{i,i-1}=1$である。また、l_iはセクションiの区間長である。本研究では，定常状態を対象にしているのであるから $\dot{x}_i(t)=0$であり，時間tに無関係となり，(1)式は 次のように表わせる。

$$u_k + P_{i,i-1}(a - b x_{i-1}) x_{i-1} - (a - b x_i) x_i = 0 \qquad (2)$$

なお，(2)式におけるu_kは各ランプからの流入交通量を与える制御変数となり，次の条件を満足しなければならない。

$$0 \leqq u_k \leqq Q_k + Q_{k0}/T \qquad (3)$$

ここに，Tは制御時間，Q_{k0}は初期のランプkでの待ち行列台数，Q_kはランプkへの流入需要量を

表わす。また、ランプでの待ち行列長に制限がある場合には 次の制約条件が加わる。

$$(Q_k - U_k)T + Q_{k0} \leqq M_k \tag{4}$$

ここに、M_k はランプ k での許容待ち行列台数である。

次に、評価関数としての総所要時間は次式で表わされる。

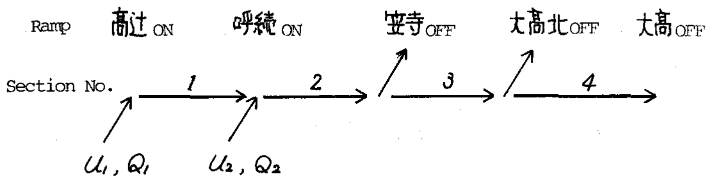
$$Z = \sum_i l_i x_i T + \sum_k \{(Q_k - U_k)(T^2/2) + Q_{k0} T\} \tag{5}$$

ここで、第一項は高速道路上での制約時間Tの間の走行時間の総和を，第二項はランプでの待ち時間の総和を表わす。

以上により問題は 式(2),(3),(4)の制約条件のもとに 評価関数(5) を最小化するという非線形最小化問題となる。

3. モデルによる計算例

図-2



ここでは、モデル都市高速道路として名古屋高速道路下り線をとり計算を行った。(図-2)

制約条件付非線形最適化法としてSUMT法とシンプレックス法を組み合わせた解法を用いた。セクション番号は図に示した。区間長は $l_1=3450m$，$l_2=1630m$ $l_3=3750m$，$l_4=880m$ で、ランプでの許容待ち行列台数はランプの平均長（300m）から $M_1=50$ 台 $M_2=50$ 台とした。また推移確率は $P_{21}=1.0$，$P_{32}=0.9$ $P_{43}=0.9$ とし速度関数として $V = 4400/3 - 22000/3 \cdot x_i$ [m/分] を用い、制御時間は $T=30$ 分とした。計算結果は(表-1)のとおりである。なお、表中の q_i はセクション交通量である。

表-1

	Q_1 台/分	Q_2 台/分	U_1 台/分	U_2 台/分	Q_{10} 台	Q_{20} 台	X_1 台/km	X_2 台/km	X_3 台/km	X_4 台/km	q_1 台/分	q_2 台/分	q_3 台/分	q_4 台/分
Case 1	15.0	5.0	15.0	5.0	0.0	0.0	.0108	.0147	.0131	.0117	15.0	20.0	18.0	16.2
Case 2	30.0	10.0	30.0	10.0	0.0	0.0	.0231	.0326	.0287	.0253	30.0	40.0	36.0	32.4
Case 3	53.3	20.0	53.3	20.0	0.0	0.0	.0477	.1020	.0683	.0564	53.3	73.3	66.0	59.0
Case 4	56.0	20.0	54.3	19.0	50.0	30.0	.0491	.1000	.0684	.0564	54.3	73.3	66.0	59.4

4. あとがき

本研究では、評価基準として総所要時間最小を用いたが、他に 利用台数最大（$\sum U_k \to max$）利用台キロ最大（$\sum l_i(a-bx_i)x_i \to max$）にも適用できる。しかし、LP制御と同様に利用台数最大とした場合、流入制御量は一意的には決定できない。また、従来のLP制御で必要であった平均走行距離や平均走行時間の予測を必要としなくなる。なお、走行速度を一定と仮定すれば 以上の問題はLP問題として解ける。本研究では、高速道路上の交通流をマルコフ流と仮定して推移確率 $P_{i(i-1)}$ を考えたが、OD交通量からも与えることも可能である。また、制御時間Tについては 道路管理上決定されるべきものと考える。