Ⅳ-42　流入待ち行列長を考慮した都市高速道路の交通制御

京都大学　正会員　米谷栄二
京都大学　正会員　明神　証
京都大学　学生員○川口正敏

1．目的

従来提案されてきたLP制御の実際応用面への改良の一つとして，流入ランプにおける待ち行列長を制約とする制御について検討する。これは，特定のいくつかのランプで行列が成長し，これが平面街路に波及して街路交通を妨げることを防ごうとするものである。ここでは，以下二点について検討する。

1）従来のLP制御と待ち行列長を制約としたLP制御における待ち時間を比較する。

2）制御においては，目的関数として総流入台数最大と総台・Km最大との組み合わせについて一つの考え方をつくる。

2．手法の記述

1）従来のLP制御式

制約条件：
$$\begin{cases} \mathbf{U}\mathbf{Q} + \boldsymbol{\varepsilon} \leqq \mathbf{C} \\ 0 \leqq \mathbf{U} \leqq \mathbf{U}^{d}_{\Delta t} \end{cases}$$

目的関数：$\sum U_i \rightarrow max$　または $\sum U_i T_i \rightarrow max$

2）待ち行列長制約を考慮したLP制御式

制約条件：
$$\begin{cases} \mathbf{U}\mathbf{Q} + \boldsymbol{\varepsilon} \leqq \mathbf{C} \\ \mathbf{L}_t + \mathbf{U}^{d}_{\Delta t} - \mathbf{U} \leqq \mathbf{N} \\ 0 \leqq \mathbf{U} \leqq \mathbf{L}_t + \mathbf{U}^{d}_{\Delta t} \end{cases}$$

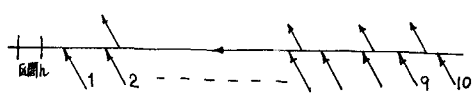
目的関数：$\sum U_i \rightarrow max$　または $\sum U_i T_i \rightarrow max$

$\mathbf{U}$；流入台数
$\mathbf{Q}$；影響係数
$\mathbf{U}^{d}_{\Delta t}$；時刻 $t\sim(t+\Delta t)$ 間の到着台数
$\mathbf{C}$；本線容量
T_i；平均トリップ長
$\mathbf{L}_t$；制御時刻 t における待ち行列長
$\mathbf{N}$；許容行列長
$\boldsymbol{\varepsilon}$；誤差

なお，上述の制御に基いて計算してゆくと，実行可能解が存在しない場合が出てくるが，そうした場合についての制御方式は考えないものとする。

3．計算例

上述の制御式を図1のようなモデルに対して適用し，比較考察を行なう。なお，道路は一車線道路であるものとする。



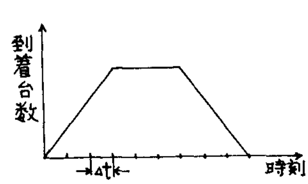
図－1

入力データのうち，許容行列台数，平均トリップ長，および影響係数については表1に示す。ただし，平均トリップ長は仮想的なものであり，計算を容易にしやすいように定める。また影響係数はランプ1，2，3，については相等しいものとする。

ランプ番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
許容行列台数	120	90	100	100	80	110	90	60	100	120
平均トリップ長	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
影響係数	1	1	1	0.8	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

表－1

各ランプへの到着台数のパターンは，図2のように時間的に変化するものとし，到着台数は各ランプで異なるものとする。なお，制御単位時間は5分とする。



図－2

本線容量は各区間一律として，150台／5分で算定をし，$\boldsymbol{\varepsilon}$ベクトルについては0として，取り扱うものとする。

4．結果

・1) ランプ1，2，3のように影響係数が相等しいいくつかのランプがある場合について考える。

いま影響係数が次のように与えられており

$$Q_{1h} > \cdots > Q_{i_1h} = Q_{i_2h} = \cdots = Q_{i_kh} > \cdots > Q_{rh}$$

目的関数として$\sum U_i$を採用した場合，$\sum U_i$は

$$\sum U_i = U_1 + \cdots + U_{i_1} + \cdots + U_{i_k} + \cdots + U_r$$
$$= U_1 + \cdots + U_x + \cdots + U_r \qquad (U_x = U_{i_1} + \cdots + U_{i_k})$$

と表わされる。

また，$Q_{i_1h} = Q_{i_2h} = \cdots = Q_{i_kh} = q$とすると，本線区間$h$に対する制約は次のようになる。

$$U_1 Q_{1h} + \cdots + U_x q + \cdots + U_r Q_{rh} \leqq C_h$$

よって，ランプ$i_1, \cdots, i_k$は一つのランプのように取り扱うことができ，

$$0 < U_x < U_{i_1}^{\alpha} + \cdots + U_{i_k}^{\alpha}$$

ならば，総流入台数最大では一意的に制御ランプが定まらないため，U_xをわりあてるに際しては，台Km最大で定めるものとする。これを台最大と台Km最大の組み合わせとする。$i_1, \cdots i_k$へのわりあては次式で行う。

$$\text{制約条件：} \begin{cases} U_{i_1} + U_{i_2} + \cdots + U_{i_k} = U_x \\ 0 \leqq U_{i_j} \leqq U_{i_j}^{\alpha} \qquad (j = 1, 2, \cdots k) \end{cases}$$

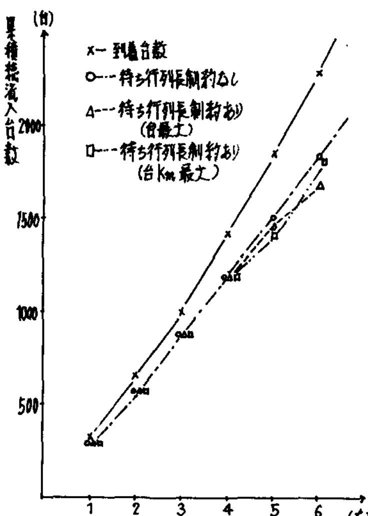
$$\text{目的関数：} (U_{i_1}\bar{l}_{i_1} + \cdots + U_{i_k}\bar{l}_{i_k}) \to max$$

・2) 計算によって得られた累積流入台数のグラフを図3によって示す。時刻7Δtにおいては，待ち行列長を制約とした制御では実行可能解が存在しなくなり，この制御は実行不可能となる。

表2は，3種類の制御方式によって得られた流入台数一台当りの平均待ち時間を示す。

・図3，表2より，待ち行列長制約がない場合の方が，多く流入でき，待ち時間も少いことがわかる。

また，台Km最大の方が台最大よりも平均待ち時間が少いが，これは平均トリップ長が大きいものほど影響係数が小さいため，多く流入が許容されるものと考えられる。待ち行列長制約がある場合の制御では，台Km最大の方が良いとも考えられる。



－図3－

制御方式	平均待ち時間
待ち行列長制約なし (台最大と台Km最大の組み合せ)	2.58 分
待ち行列長制約あり (台最大)	2.92 分
待ち行列長制約あり (台Km最大)	2.89 分

－表2－

5．むすび

実行可能解が存在しなくなった場合の方針としては，待ち時間の上限を待ち行列制約の条件として使うことも一つの方法であると考えられる。

この研究は交通工学研究会によって組織された阪神高速道路交通管制委員会での制御方式に関する研究におうところが大きい。ここに記して委員ならびに幹事の方々に謝意を表する。