

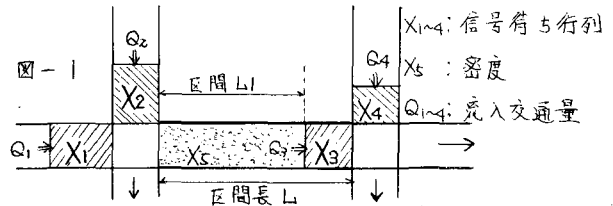
流体モデルに基づく最適信号制御に関する研究

名古屋工業大学 学生員 ○船垣 政行
同 正 員 松井 寛
同 正 員 溝上 章志

①はじめに 本研究では、各交差点流入部の信号待ち行列台数及び走行中の車の密度を状態変数また、信号表示パラメータを制御変数とする状態方程式を導入する。そして、ある評価関数を最適とする信号制御問題を定式化し、最大原理を用いて解き、信号制御のパラメータ、サイクル・スプリット・オフセットの3つのうち、サイクルを固定し、複数信号交差点における最適なスプリット・オフセットを求める。これにより効率的な信号制御を実現するものである。なお、サイクルの値を変化させることで、上記3つのパラメータを最適にすることが可能である。

②モデルの定式化

右図の、現示数がある2つの信号交差点について考える。一般性を失わない程度に簡素化するために、卓越した流入部の交通流のみを考える。



流入部 i ($i=1\sim4$)の時刻 t における信号待ち行列台数を $X_i(t)$ 、また、区間 L_1 の時刻 t における走行中の車の密度を $X_5(t)$ で表す。信号待ち行列 $X_i(t)$ の後方が流入部 i には、 $Q_i(t)$ の交通量が到着する。また、信号待ち行列 $X_i(t)$ の先頭からは、交差点の信号表示に従って $U_i(t)$ の交通量が流出する。また、区間 L_1 では、区間の後方から $U_i(t)$ が流入し、また前方からは密度 $X_5(t)$ に比例する交通量が流出し、これが信号待ち行列 $X_3(t)$ に加わると仮定する。よって図-1における状態変数 $X_i(t)$ ($i=1\sim5$)の変化率を表す状態方程式は次式で表わされる。但し、 A は停止中の車一台当りの占有長さ、 B は区間 L_1 の平均速度で一定とする。

$$\frac{dX_i(t)}{dt} = Q_i(t) - U_i(t) \quad (i=1\sim4) \quad (1) \sim (4)$$

$$(L - A \times X_3(t)) \frac{dX_5(t)}{dt} = U_i(t) - B \times X_5(t) \quad (5)$$

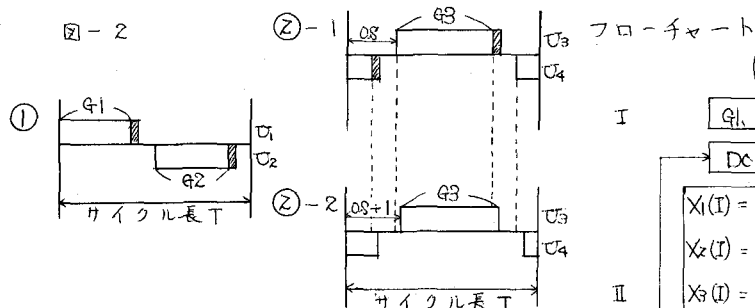
これは、流体における連続方程式に相当する。また、当然 $X_i(t)$ は非負条件を満足する必要がある。なお今回は、交差点における右・左折を考慮していない。

一方 $U_i(t)$ ($i=1\sim4$)は、信号が青で信号待ち行列 $X_i(t)$ が存在する時は S_i 、また信号が青で信号待ち行列が存在しない時は、 S_i と $Q_i(t)$ のうち小さい方の値をとる。そして、信号が青以外の時は0である。但し S_i は、流入部 i における飽和交通流量とする。評価基準は、実用的で各当と思われる一サイクル中の総遅延時間をとり、これを最小化することが最適な制御と考える。総遅延時間 J は、次式で表わされる。

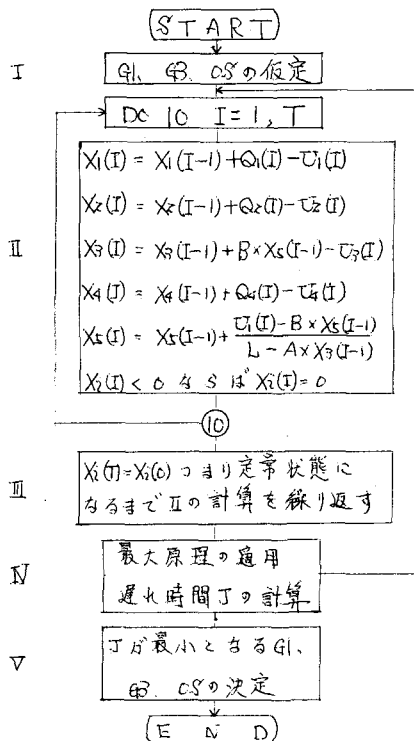
$$J = \int_0^T \{X_1(t) + X_2(t) + X_3(t) + X_4(t) + (L - A \times X_3(t)) X_5(t)\} dt$$

以上より本信号制御モデルは、状態方程式(1)~(5)を満足し、 J を最小とする問題で、終端時刻指定・終端状態未定の最大原理問題となる。これを、ポントリヤーギンの最大原理より解が得られる。

③計算フロー サイクル長を T 、流入部1、3の青時間を Q_1 、 Q_3 、オフセットを OS で表わす。状態方程式を離散化し、初期値 T 、 Q_1 、 Q_3 、 OS を与えることで状態変数 $X_i(t)$ が計算できる。以下に、フローチャートを示し、最大原理の適用について述べる。



フローチャートのⅣ段階では、まず図-2の①では Q_1 を1秒伸ばすべし、 Q_2 を1秒伸ばすつまり Q_1 を1秒縮めるべきかを、最大原理のハミルトン関数によって判断する。②-1では①と同様に Q_3 を1秒伸ばすべし、 Q_4 を1秒縮めるべきかを判断する。②-2では、 Q_3 を変化させず、 OS を1秒伸ばす時とする。そして、①かつ②-1、時の後進水時間 J の値と①かつ②-2の時の J の値を比較して、 J が小さい時の Q_1 、 Q_3 、 OS を求める。この値をフローチャートのⅠ段階の値として与える。このようにⅡ～Ⅳ段階を繰り返すことにより、 J を最小とする Q_1 、 Q_3 、 OS が得られる。



④計算結果 サイクル長 $T=100$ 秒、 $A=7\%$ 、 $B=11\% \div 40k\%$ の時の計算結果を示す。但し、黄時間はそれぞれ5秒、計10秒とする。

飽和交通流量:台/秒				流入交通量:台/秒			区間長:m	オフセット:s	青時間:s		総遅れ時間:台・秒
S1	S2	S3	S4	Q1	Q2	Q3	L	OS	Q1	Q3	J
1.0	1.0	1.0	1.0	0.4	0.4	0.4	200	22	42	40	3920
1.0	1.0	1.0	1.0	0.4	0.4	0.4	300	28	40	40	4440
1.0	1.0	1.0	1.0	0.4	0.3	0.3	200	21	43	40	3290
1.0	1.0	1.0	1.0	0.4	0.3	0.3	300	28	42	40	3830

区間長 L 及び走行中の車の速度 $B=11\%$ を考慮すれば、上記の結果は信号待ち行列 X_i の先頭の車が信号が青になり定速で進み、次の信号に達する時にこの信号が青になると考えることができ、妥当な結果であると思われる。

⑤あとがき 今後は、本報告では考慮しなかった右・左折の考慮、またオフセットを伸ばす方向にしか計算できない最大原理の適用方法を改良し、両方向への計算を可能にするための研究が必要である。また、図-3に示す関した平面街路の4つの信号交差点における最適なサイクル・スプリット・オフセットを求める予定である。

