

名古屋工業大学 学生員 ○藤井 穰
名古屋工業大学 正 員 松井 寛

1. はじめに

本研究は、信号交差点の各流入部の平均信号遅れが等しくなる（以下、等信号遅れ基準と呼ぶ）信号制御問題を取り上げる。信号遅れ算定式としてはウェブスターの式を用い、この計算結果を従来から用いられてきた総信号遅れ最小化基準に基づく制御解と比較検討し、その特質を明らかにする。

2. 単独交差点における制御モデル

孤立した単独交差点を図-1のように考え、一般性を失わない程度に問題を簡単にするため、上下左右方向とも卓越した流入部の交通量のみを考える。

$$\{g_1 = \text{MAX}(g_{1w}, g_{1s}), \quad g_2 = \text{MAX}(g_{2e}, g_{2w})\}$$

〔解析方法〕

交差点流入部1及び2における流入交通量 g_1, g_2 、飽和流量 S_1, S_2 、周期長 T （仮定）をウェブスターの式（1）に代入し、 d_1 を G_1 、 d_2 を G_2 のみで表す式とする。

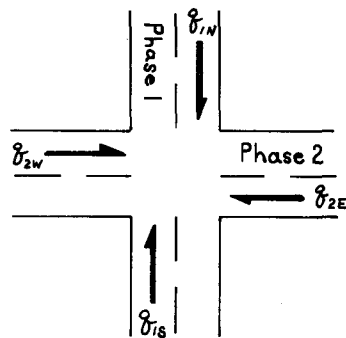


図-1

$$d_j = \frac{T(1 - g_j)^2}{2(1 - g_j)} + \frac{(y_j/g_j)^2}{2g_j(1 - y_j/g_j)}; \quad (j = 1, 2) \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} d_j = j \text{ 流入部の平均信号遅れ, } g_j = G_j/T, \quad y_j = g_j/S_j \\ T = \text{周期長, } G_j = j \text{ 流入部の青現示時間, } (j = 1, 2) \end{array} \right\}$$

ここで $\{T = G_1 + G_2 + L\}$ （ L は両方向の黄現示時間の和であり、以下の計算例では片方の黄現示時間を5秒と仮定し、よって $L = 10$ 秒とされている）であるから、 $\{G_2 = T - L - G_1\}$ として代入し、 d_2 も G_1 のみの式とする。そこで等信号遅れ基準に基づき $\{d_1 = d_2\}$ とおくと G_1 に関する6次方程式が得られる。この6次方程式をニュートン法で解いて、その周期長に対する最適青現示時間 G_1 及び G_2 を求める。これと同じ計算を周期長の値を5秒単位で変えて与え、1台当りの信号遅れが最小となるのを見つけ、そのときの周期を最適周期、そしてそのときの青現示時間を最適青現示時間とする。但し、各現示において交通量が容量以下となるためには、次の式（2）を満足させなければならない。

$$G_j = y_j \times T = \frac{g_j}{S_j} \times T, \quad (j = 1, 2) \quad (2)$$

以上のようにして等信号遅れ基準に基づいて解いた最適周期(T)、最適青現示時間(G_1, G_2)、そしてそれによって求めた1台当りの等信号遅れ時間(D)を、従来から用いられてきた総信号遅れを最小にする周期(T_0)、青現示時間(G_{10}, G_{20})、及び1台当りの遅れ時間〔1方向の遅れ(D_{10})、2方向の遅れ(D_{20})、両方向の流入交通量で加重平均した遅れ(D_0)〕とを比較する。ここで G_{10}, G_{20} は次に示す式（3）で計算し、 T_0 は式（4）で与える。

$$G_{10} = \frac{Y_1}{Y} \times (T - L), G_{20} = \frac{Y_2}{Y} \times (T - L) \quad \text{----- (3)}$$

但し ($Y = \frac{Y_1}{Y_1} + \frac{Y_2}{Y_2}$)

$$T_0 = \frac{(1.5 \times L + 5)}{(1 - Y)} \quad \text{----- (4)}$$

3. 計算例

$g_1 \geq g_2$ として、それぞれ 0.2 ~ 0.5 (台/s) を ($g_1 + g_2 \leq 0.9$) の範囲で与え、2つの基準の計算値を比較検討する。以下に計算結果を示す。

流入交通量 q		最適周期 s		等信号遅れ基準			総信号遅れ最小化基準					遅れの差	但し 各青現示時間 は式(2)を満 足した。
q_1 (1方向)	q_2 (2方向)	T(等信号遅れ)	T_0 (総遅れ最小)	青現示時間 s	1台当りの遅れ時間 s	青現示時間 s	1台当りの遅れ時間 s	1台当りの遅れ時間 s	1台当りの遅れ時間 s	1台当りの遅れ時間 s	$(D-D_0)$		
G_1 (1方向)	G_2 (2方向)			G_1 (1方向)	G_2 (2方向)	G_1 (1方向)	G_2 (2方向)	D_0 (1方向)	D_0 (2方向)	D_0 (平均)	$s\%$		
0.2	0.2	30	31	10	10	9.8	10	10	9.8	9.8	9.8	0.0	
0.3	0.2	35	37	14	11	11.6	15	10	9.7	13.7	11.3	0.3	
0.3	0.3	40	44	15	15	14.0	15	15	14.0	14.0	14.0	0.0	
0.4	0.2	40	44	18	12	14.1	20	10	10.3	18.6	13.1	1.0	
0.4	0.3	50	55	22	18	17.7	23	17	15.4	20.1	17.4	0.3	
0.4	0.4	65	73	27.5	27.5	23.6	27.5	27.5	23.6	23.6	23.6	0.0	
0.5	0.2	50	55	26	14	18.1	29	11	11.5	26.1	15.6	2.5	
0.5	0.3	65	73	32	23	23.9	34	21	18.4	29.7	22.6	1.3	
0.5	0.4	95	110	46	39	35.6	47	38	31.9	39.2	35.1	0.5	

表 - 1

4. 計算結果の考察

最初に最適周期の比較であるが、等信号遅れ基準の方が総信号遅れ最小化基準の方よりも多少小さい値となった。次にそれぞれの現示時間に対する1台当りの遅れ時間の比較であるが、全体的に見れば等信号遅れ基準の方が、たかだか2,3秒大きくなるだけで、それほどの違いではないと言える。以上の比較だけでは等信号遅れ基準と総信号遅れ最小化基準とはそれほどの違いはない。しかしこの理論の最も重要なことは、これから述べる方向別の遅れ時間の違いであると思われる。総信号遅れ最小化基準の方向別の遅れ時間は流入交通量が同じであれば、両青現示時間が等しいため、当然等しくなるが、流入交通量が違ってくると交通量の多い方向が優先され、交通量の少ない方向に比べて1台当りの遅れ時間が交通量に反比例的に少なくなり、方向別の平均遅れにかなりの差がみられるようになる。これは交通量の多い方向を幹線道路として考えてみると、一人のドライバーが走行経路を選択する場合、当然遅れ時間の短い幹線道路を通るようになり、ますます交通流が片寄ってしまい道路網全体からみて必ずしも効率的な利用がなされないという問題が生じる。よって格子状街路網等に信号を配置するには、従来の総信号遅れ最小化基準よりも、この新しい等信号遅れ基準に基づく考え方の方が有利とみられる。

5. あとがき

以上の考察より、等信号遅れ基準に基づく信号制御の利点は、どの道を選択して進んでも遅れ時間に変わりがないから、一部の道路に集まりがちな交通量を分散させられ、交通が全体としてスムーズに流れることが期待できることである。よってこの基準に基づいて得られる最適周期及び最適現示時間を基礎とし、道路条件、沿道条件等も含め、系統制御にまで発展させて考えてみると、格子状道路網等には有効な制御であると思われる。