

系統信号の遅れ最小化制御 と通過帯幅最大化制御

山口大学工学部 正 員 久井 守

1. はしがき

交通信号の路線系統制御では、これまで通過帯幅最大化を基準としたオフセット最適化が広く行なわれてきた。この通過帯法は、交通量が比較的少ない場合には遅れ最小化の観点からみてもかなりすぐれた方法であるとされている。また本来、遅れ最小化を基準としたオフセット最適化が重要であり、これについてはすでにDPによる方法¹⁾を提案している。ここではDPによって遅れ最小化オフセットを求め、通過帯法による平等オフセットとの比較を行なう。またDPによる遅れ最小化法で、一定の計算条件を与えれば、通過帯幅最大化オフセットが得られることを示す。

2. DPによる遅れ最小化オフセット

信号交差点で車群パターンは次々に変換を受ける点に着目し、系統化路線を多段決定過程と考えDPの定式化を行なう。車群パタンの変換は上下両方向とも図-1のように仮定する。車群内のフローレート a (台/s) は一定とし、車群パターンを単一の矩形波で表わす。車群長 L (s) は走行中に拡散すると考え、 $L = cD + L_0$ と仮定する。ここに L_0 は隣接上流交差点の発進車群長 (s)、 D は交差点間隔 (m)、 c は車群の広がりを表わす広がり係数である。1周期あたりの交通量 Q は、 $Q = aL$ となる。また、信号周期 T (s) および各信号の青時間は既知とし、オフセットのみ決定変数とする。

路線全体の総遅れ時間最小化を目的としたDPの関数方程式は次のように定式化される。

$$f_k(\lambda_k, x_k, \lambda'_k, x'_k)$$

$$= \min \{ W_k(\lambda_k, x_k, \xi_k) + W'_k(\lambda'_k, x'_k, \xi'_k) + f_{k-1}(\lambda_{k-1}, x_{k-1}, \lambda'_{k-1}, x'_{k-1}) \}$$

$$(k=1, 2, \dots, N)$$

f_k は第 k 交差点の上り車群を (λ_k, x_k) とし、下り車群を

(λ'_k, x'_k) とした場合の信号区間 $1 \sim k$ における総遅れ

時間 (台・s/s) の最小値である (図-2)。 W_k は信号区

間 k の上り車群の遅れ時間、 W'_k は同じく下り車群の遅れ

時間である。 ξ_k は上り車群の後端が第 k 交差点に到着した時

点から青信号終了時点までの時間である。 ξ_k と ξ'_k は線形

の関係がある。信号区間 k の相対オフセット γ_k は ξ_k の一

次式で得られる。 $f_0(\lambda_0, x_0, \lambda'_0, x'_0) = 0$ である。

図-3 に示す路線についてDPで求めた最適オフセットと

交通流パタンの1例を図-4に示す。計算条件は、系統速度

$v = 12\text{m/s}$, 飽和流量 $s = 1.0$ 台/s, 信号のロス時間 $= 0\text{s}$,

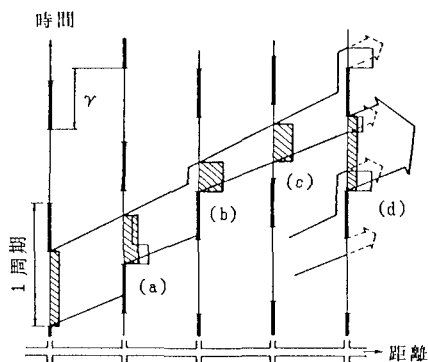


図-1 車群パタンの変換

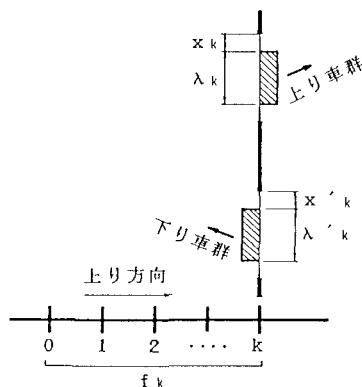


図-2 関数方程式の説明図

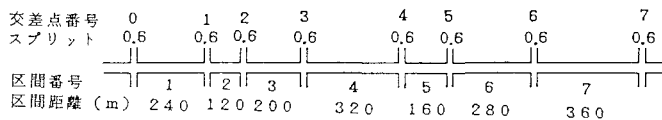


図-3 計算対象路線

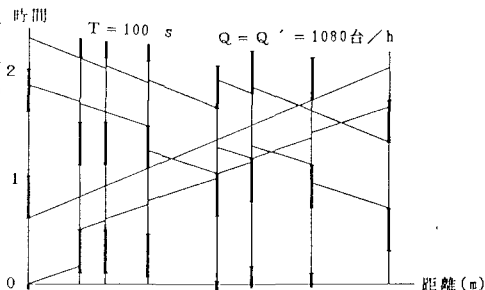


図-4 最適オフセットと交通流パターン

$c = 0.017$, 車群パターン変更のステップ幅 0.05, オフセット探索のステップ幅 0.05 である。

3. DP による通過帯幅最大化オフセット

計算条件を次のように変更すれば、遅れ最小化オフセットを求めるのに用いた DP モデルをほぼそのまま用いて通過帯幅最大化オフセットを求めることができる。

まず対象路線の両端交差点から流入する車群パターン（すなわち境界条件）を上り交通については

$$\lambda_0 = q/s, x_0 = 0 \sim (g_0 - q/s)$$

とし、下り交通については

$$\lambda'_N = q'/s, x'_N = 0 \sim (g_N - q'/s)$$

とする。すなわち車群のフローレートを飽和流量に等しくし、車群の位置 x_0, x'_N は最適化する。ここに q は交通量（台/s）, g は青時間（対周期比）である。次に入力データは、 $c = 0, s = 1.0$ 台/s と与える。

通過帯幅最大化オフセットは、総遅れ時間 0 の制約のもとに交通量を最大にするオフセットとして求めることができ、上り通過帯幅は q , 下り通過帯幅は q' で与えられる。図-3 の路線について求めた平等オフセットを図-5 に示す。計算条件は $\Delta \lambda = 0.1, \Delta x = 0.1, \Delta x_0 = 0.015, \Delta \xi = 0.025$ である。通過帯幅は 0.005 の精度まで求め、 $B = 0.260$ （対周期比）が得られた（正解は $B = 0.267$ ）。信号区間の速度および交差点の青時間が一定でない一般的な条件下での不平等オフセットも容易に求めることができる。

4. DP オフセットと平等オフセットの比較

DP で求めた遅れ最小化オフセットと通過帯法による平等オフセットの両者を、いくつかの交通流モデルを用いて、遅れ時間の観点から比較する。図-6 は拡散を考慮した単一矩形波交通流モデルで求めた遅れ時間である。交差点における車群の変換は図-1 に示すとおりである。図-7 は TRANSYT 交通流モデルで求めた遅れ時間である。対象路線の両端交差点への到着交通は一樣であると仮定している。図-8 は独立走行シミュレーションの結果である。両端交差点への到着交通はランダム到着としている。道路は片側 2 車線とし、車 1 台ごとに速度を正規分布で与え、交差点発進時刻に交差点間走行所要時間を加えて隣接下流側交差点への到着時刻とする。実時間にして 1 時間のシミュレーションを行なっている。以上いずれも交差点での右左折はないとしている。

5. むすび

以上より平等オフセットは遅れ最小化の観点からみてかなりすぐれたオフセットであるとみられる。また DP オフセットについてはなお検討の余地があると考えられる。

参考文献 1) 久井, 坂戸: 上流信号の影響を考慮した系統制御の最適化、土木学会中四支部研究発表会, 昭和 60 年

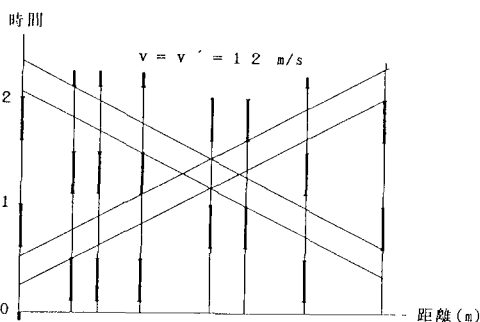


図-5 DP で求めた平等オフセット

遅れ時間 (台・s/s)

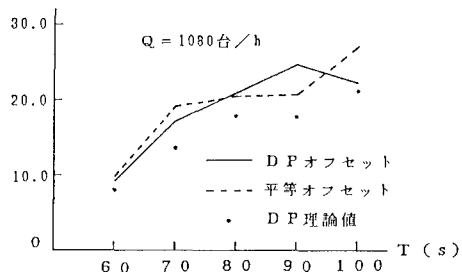


図-6 単一矩形波交通流モデルによる遅れ時間の比較

遅れ時間 (台・s/s)

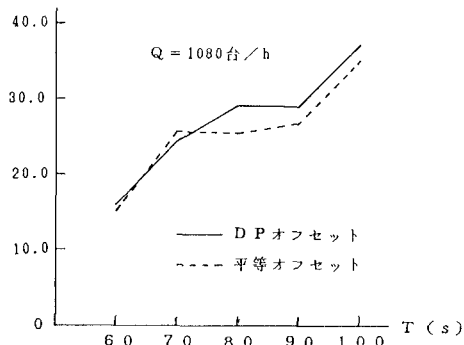


図-7 TRANSYT 交通流モデルによる遅れ時間の比較

遅れ時間 (台・s/s)

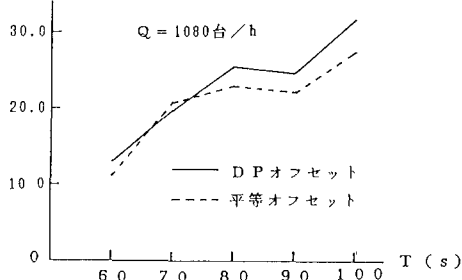


図-8 独立走行シミュレーションによる遅れ時間の比較