

右左折交通を考慮した 系統式信号制御の最適化

山口大学工学部 正 員 ○久井 守
萩市役所 山下 芳夫

1. はしがき

本研究は、系統式信号制御の重要な制御パラメータであるオフセットをDPの手法で最適化し、シミュレーションで評価したものである。最適化の評価指標は路線全体の総遅れ時間とする。周期、スプリットおよびオフセットの3制御パラメータのうち、周期およびスプリットは与えられたものとし、各リンクのオフセットのみを最適化の対象とする。DPによる系統制御の遅れ最小化オフセットの解法はすでに提案した通りであるが¹⁾、ここでは交差点における右左折交通や信号区間途中における発生吸収交通を考慮したオフセットの最適化を試みた。ただしこれまでの方法と同じく車群は単一の矩形波で表し、最適化はDPの手法によって行う。

2. 交通流の取り扱い

車群は図-1に示すように単一の矩形波で仮定する。時間単位で表わした第 $(k-1)$ 交差点の発進車群長を L_{k-1} (s)、車群のフローレートを a (台/s)とすると、1周期当りの交通量 Q (台/周期)は $Q = a L_{k-1}$ となる。車群の拡散を考慮に入れるために、隣接下流の第 k 交差点への到着車群長を $L_{k-1} + c D_k$ と仮定する。 D_k は第 k 信号区間の区間距離 (m)、 c は車群の広がりを表す広がり係数である ($c \geq 0$)。ただし拡散がない場合は $c = 0$ とする。 Q 、 L_{k-1} を周期 T (s)で規準化したものを q 、 λ_{k-1} とする。 x_{k-1} は発進車群位置を表す。この車群ボタン (λ_{k-1} , x_{k-1})が第 k 交差点でこうむる遅れ時間 w_k は、車群が単一の矩形波の場合、到着車群位置 ξ_k の1次式または2次式で表すことができる。

信号交差点で車群はボタンの変換を受けるが、交差点における右左折がない場合の変換ルールは図-2の(a)～(d)のように4通りを仮定した。すなわち第 k 交差点の車群ボタン (λ_k , x_k)は隣接上流の車群ボタン (λ_{k-1} , x_{k-1})とオフセット γ_k の関数である。下り方向の車群ボタン (λ'_k , x'_k)についても同様である。 λ_k , x_k , λ'_k , x'_k は状態変数、 γ_k は決定変数であり、多段決定過程を構成していることがわかる。

交差点における右左折交通または信号区間途中で流入交通がある場合については図-3のように交通流のモデル化を修正する。す

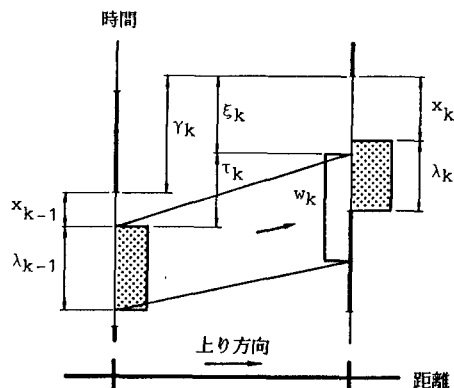


図-1 単一矩形波と拡散の仮定

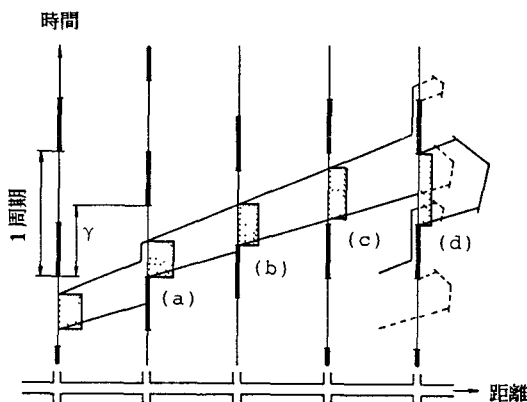


図-2 右左折交通がない場合の車群ボタンの変換

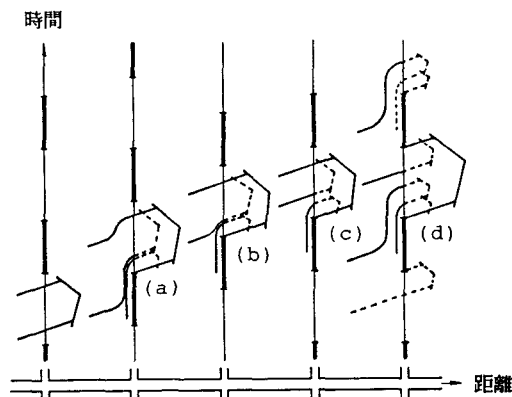


図-3 右左折流入交通がある場合の車群ボタンの変換

なわち隣接上流交差点で、交差道路から右左折によって流入する交通があるか、または信号区間途中で沿道から流入する交通がある場合は、直進の主流交通に対してこれを副次交通として区別し、この副次交通は当該区間のオフセットに関係なく、すべて隣接下流交差点の赤信号で滞留し、青信号の開始とともに主流交差点に先立って当該交差点を飽和レートで発進するものと仮定する。副次交通が発進した後に主流交通が交差点を通過し、その際主流交通と副次交通が合流して1つの主流交通を形成すると考える。また右左折によって交差道路に流出する交通または信号区間沿道へ流出する交通がある場合は、その流出率に相当する量だけ車群のフローレートを一様に減ずることによってこれを考慮することとする。以上のようにして単一矩形波の仮定を用いたまま、交差点における右左折または信号区間沿道からの流入を考慮したモデル化が可能となる。

3. DPによる定式化
最適化の対象路線は、図-4に示すように(N+1)交差点、N信号区間からなる路線とする。目的関数Jは対象路線全体の総遅れ時間とし、次のように表す。

$$J = \sum_{k=1}^N \{ w_k (\lambda_{k-1}, x_{k-1}, \xi_k) + w'_k (\lambda'_k, x'_k, \xi'_k) \}$$

区間距離 240 120 200 320 160 280 360m
スプリット 0.60 0.60 0.60 0.60 0.60 0.60 0.60

図-5 計算対象路線

これをDPの関数方程式で表すと

$$\begin{aligned} f_0(\lambda_0, x_0, \lambda'_0, x'_0) &= 0 \\ f_k(\lambda_k, x_k, \lambda'_k, x'_k) &= \min \{ w_k(\lambda_{k-1}, x_{k-1}, \xi_k) \\ &\quad + w'_k(\lambda'_k, x'_k, \xi'_k) \\ &\quad + f_{k-1}(\lambda_{k-1}, x_{k-1}, \lambda'_{k-1}, x'_{k-1}) \} \end{aligned}$$

となる。DP計算の結果から最適決定 ξ^*_k が求められると、最適オフセット γ^*_k は

$\gamma^*_k = \xi^*_k + \tau_k - x_{k-1} \pmod{1}$ によって求めることができる。ここに τ_k は第k区間上り方向の走行所要時間である。

4. 計算例

図-5に示す路線についてDP計算を行い、得られた最適オフセットと交通流バタンの1例を図-6に示す。 λ, x, ξ は離散量として計算する。計算条件は $c=0, v=v'=12\text{m/s}, q=q'=0.40\text{台/s}, T=80\text{s}$ である。両端交差点からの流入バタン(境界条件)は $x_0=q/s, x'_N=q'/s$ とする。

5. シミュレーションによる評価

DPの手法で求めたオフセットと、平等オフセットを独立走行シミュレーションで比較した結果を図-7に示す。DPオフセットはつねに小さい遅れを与えるとは限らないが、全体的には平等オフセットより優れたオフセットとみてよいと考えられる。

参考文献

1) 久井 守: 系統信号の遅れ最小化制御と通過帯幅最大化制御、土木学会中四支部研究発表会, 昭和61年

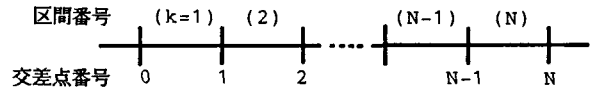


図-4 DPの対象路線

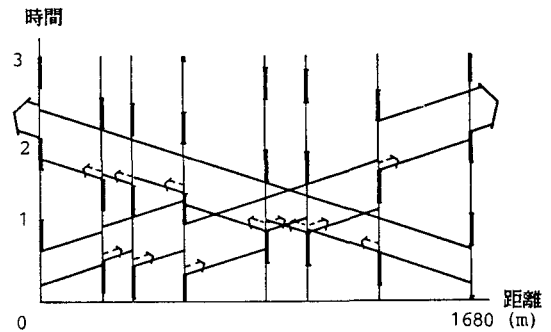


図-6 DPオフセットと交通流バタン

遅れ時間(台・s/s)

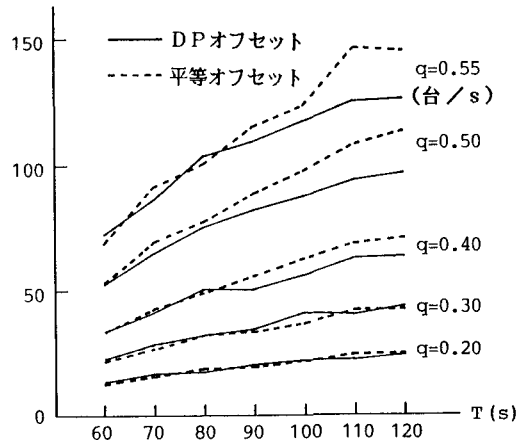


図-7 シミュレーションによる遅れ時間の比較