

## 系統交通信号のオフセット連続自動調整によるリアルタイム制御の一方式

山口大学大学院 学生会員○金子数馬

山口大学大学院 正 会 員 久 井 守

### 1. はじめに

系統交通信号のオフセット制御は、わが国ではパタン選択制御が主流となっている。これはいくつか交通状況を想定しそれに対応したオフセットパタンをあらかじめ用意しておき、その中から時々刻々の実際の交通状況にマッチするオフセットパタンを選択して行う制御方式である。この制御方式では、用意する制御パタンのアップデートに手間と費用がかかり、想定外の交通状況には対応できず、またオフセット切り替え時のオフセット追従による交通の乱れも課題となる。

これらの課題に対応するために、本研究では各交差点の絶対オフセットを毎サイクル連続して自動的に調整を繰り返し、それによってつねに最適制御を維持するという、リアルタイム制御の一つの方式を提案する。

### 2. オフセットの連続自動調整による制御方式

#### (1) 対象路線

本研究で対象とする路線は図1に示すような1本の系統信号路線とする。

#### (2) オンラインシミュレーション

対象路線両端への到着交通量はオンラインで計測し、これを入力条件としてオンラインで交通流再現シミュレーションを行い、評価指標 (Performance Index, PI) 例えば交差点ごとの遅れ時間を求める。再現精度を高めるためには計測情報は多い方がよいが、ここでは交差点流入部ごとの右左折率やその他の道路交通条件は既知とする。このような前提に立てばシミュレーションは実行可能である。シミュレーションとしては離散モデルがよいが、非飽和交通を対象とするのであればTRANSYTでもよいであろう。

#### (3) 最適化手法

本研究では、各交差点の絶対オフセットの現在値を既知とし、その調整量 (変更量) を未知数として、これを最適化することとする。最も重要な点は演算速度と、局所解を回避して全域的最適解を求めることである。局所解を回避するためにGAを用いることも試みたが、反復局所探索法 (Iterated Local Search, ILS) の方が計算効率がよい<sup>1)</sup>のではないかと考えられるので、これを用いることとする。ILSは図2に示すように現在点の上下左右を探索しながら局所解に至る過程を、初期点を変更しながら反復することによって多数の局所解を求め、その中から最適解を選択し決定するというメタ戦略のひとつである。

#### (4) オフセットの連続自動調整システム

計測交通情報を用いたオフセットの連続自動調整システムを図3に図示する。時間間隔 $T$ ごとに計測交通情報を取り込み、これを条件としてシミュレーションを行い、上位および下位の2レベル最適化システムでオフセットの調整量を最適化する。このシステムによって得られた最適調整量をリアルタイムで実行する。これが本研究で提案する制御方式の基本的な考え方である。調整量が $\pm 1/8$  (対サイクル長比) 以下であれば1サイクルで調整可能である。

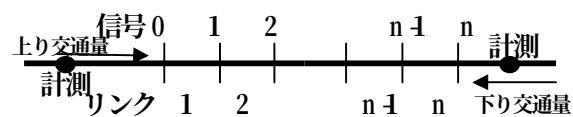


図1 制御対象路線

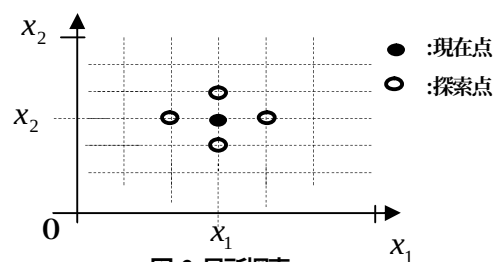


図2 局所探索

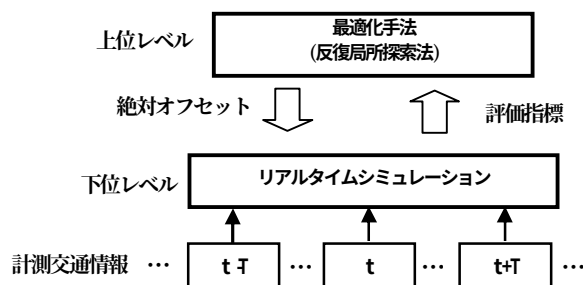


図3 オフセットの最適化計算

### 3. オフセットの連続自動調整制御の計算例

#### (1) TRANSYT によるシミュレーション

本研究では、評価指標 PI の遅れ時間は TRANSYT 交通流モデルで求める。TRANSYT というのはサイクル長を 50 分割した 50 個の時間区間ごとの交通流率をヒストグラムで表わす車群モデルである。PI は遅れ時間と停止回数の加重和であるが、ここでは停止回数は評価指標に含めないこととした。遅れ時間は交差点に到着する車群パタンのこうむる確定的な遅れ時間にランダム遅れを流入部ごとに加算して求めるようにした。ランダム遅れは TRANSYT では Webster の遅れ公式第 2 項の 50% とする。

## (2) 反復局所探索法の計算効率

反復局所探索法の計算効率については、図4に示すような路線を対象として最適化を行いGAより計算効率が良いことが示されている<sup>1)</sup>。図4ではリンク長は等間隔、速度は $v=12.5\text{m/秒}$ とし、サイクル長は $C=80\text{秒}$ である。リンクの時間距離は $\tau=0.5$ (対サイクル長比)である。車群の拡散を考慮しない場合は最適相対オフセットは0.5(既知)となる。

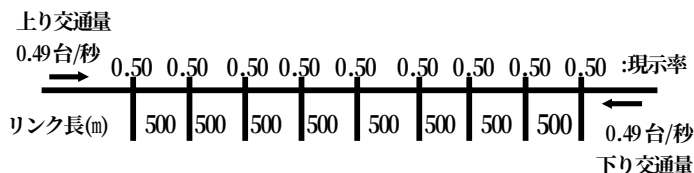


図4 交差点が等間隔の路線

## (3) 交通量変化がある場合のオフセット制御の実行例

図5に示すように現示率とリンク長が左右対称であるような路線を対象としてオフセットの連続自動調整制御の計算例を示す。

交通量(台/秒)は図6に示すように、 $T=15\text{分}$ ごとに上り方向は0.37から0.25をへて0.13まで0.03ずつ減少し、下り方向は0.13から0.25をへて0.37まで0.03ずつ増加するものとする。それ以外の計算条件は、 $C=100\text{秒}$ 、 $I=10.0\text{秒}$ 、 $v=12.0\text{m/秒}$ 、 $s=0.9\text{台/青秒}$ 、右左折なし、車群拡散ありとする。

## (4) 実行結果

10交差点の絶対オフセットの推移をを表1に示す。各交差点の絶対オフセット調整量の上下限は $\pm C$ とし、その調整量を最適化した。その結果から絶対オフセットを求め、その推移を示している。この絶対オフセットを9リンクの各リンクごとの相対オフセットに換算したものの推移を表2に示す。また上り方向とは逆に下り方向にみた場合の相対オフセットを表3に示す。相対オフセットは予想どおりほぼ上り優先オフセット $\tau$ から下り優先オフセット $1-\tau$ に変化していて、オフセット制御が有効に機能していると判断される。

遅れ時間の推移は図7に示す。ただしこの遅れ時間は、交通量の計測からオフセット調整(変更)を終了するまでの数サイクルの時間遅れは考慮せず、オフセット調整後の定常的な交通流の遅れ時間の水準を示したものである。制御遅れやオフセット調整時の影響を考慮すると遅れ時間はこれより大きくなるものと考えなければならない。

## 4. 結び

本研究ではオフセットのパタン選択制御の課題を解決するために、各交差点の絶対オフセットを毎サイクル連続して自動的に調整を繰り返し、それによってつねに最適制御を維持するという、リアルタイム制御の一つの方式を提案した。また計算例によってその有効性を確認した。

## 参考文献

- 1)新川, 岡田, 久井: 信号制御の最適化におけるメタ戦略の比較と……, 山口大学工学部研究報告, Vol.57, No.2, pp.1-8, 2007

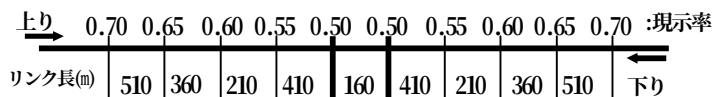


図5 左右対称の路線

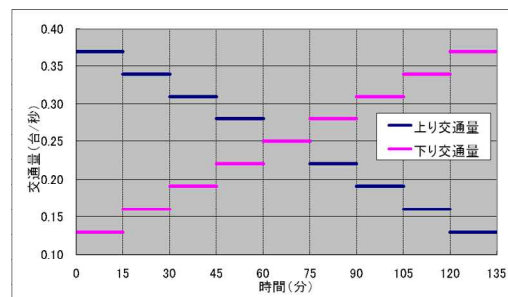


図6 交通量水準の時間変化

表1 絶対オフセットの推移 ( $\pm C/1$ )

| 交通量水準 |      | 最適絶対オフセット |      |      |      |      |      |      |      |      |      | PI     |
|-------|------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 上り    | 下り   | 1         | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |        |
| 0.37  | 0.13 | 0.37      | 0.87 | 0.23 | 0.40 | 0.77 | 0.88 | 0.23 | 0.33 | 0.73 | 0.15 | 35.853 |
| 0.34  | 0.16 | 0.33      | 0.85 | 0.24 | 0.37 | 0.79 | 0.90 | 0.26 | 0.35 | 0.75 | 0.19 | 32.312 |
| 0.31  | 0.19 | 0.33      | 0.85 | 0.27 | 0.37 | 0.80 | 0.88 | 0.29 | 0.32 | 0.75 | 0.20 | 31.176 |
| 0.28  | 0.22 | 0.29      | 0.81 | 0.27 | 0.33 | 0.80 | 0.84 | 0.30 | 0.29 | 0.75 | 0.21 | 30.785 |
| 0.25  | 0.25 | 0.30      | 0.83 | 0.31 | 0.33 | 0.82 | 0.83 | 0.30 | 0.26 | 0.77 | 0.22 | 30.660 |
| 0.22  | 0.28 | 0.42      | 0.95 | 0.45 | 0.46 | 0.98 | 0.91 | 0.43 | 0.34 | 0.87 | 0.34 | 30.785 |
| 0.19  | 0.31 | 0.41      | 0.95 | 0.50 | 0.43 | 0    | 0.91 | 0.47 | 0.33 | 0.87 | 0.35 | 31.176 |
| 0.16  | 0.34 | 0.34      | 0.90 | 0.47 | 0.37 | 0.97 | 0.85 | 0.42 | 0.29 | 0.87 | 0.34 | 32.312 |
| 0.13  | 0.37 | 0.34      | 0.90 | 0.48 | 0.37 | 0    | 0.85 | 0.45 | 0.26 | 0.88 | 0.36 | 35.853 |

表2 相対オフセットの推移

| 交通量水準    |      | 最適相対オフセット |      |      |      |      |      |      |      |      | PI     |
|----------|------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 上り       | 下り   | 1         | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |        |
| 0.37     | 0.13 | 0.50      | 0.36 | 0.17 | 0.37 | 0.11 | 0.35 | 0.10 | 0.40 | 0.42 | 35.853 |
| 0.34     | 0.16 | 0.52      | 0.39 | 0.13 | 0.42 | 0.11 | 0.36 | 0.09 | 0.40 | 0.44 | 32.312 |
| 0.31     | 0.19 | 0.52      | 0.42 | 0.10 | 0.43 | 0.08 | 0.41 | 0.03 | 0.43 | 0.45 | 31.176 |
| 0.28     | 0.22 | 0.52      | 0.46 | 0.06 | 0.47 | 0.04 | 0.46 | 0.99 | 0.46 | 0.46 | 30.785 |
| 0.25     | 0.25 | 0.53      | 0.48 | 0.02 | 0.49 | 0.01 | 0.47 | 0.96 | 0.51 | 0.45 | 30.660 |
| 0.22     | 0.28 | 0.53      | 0.50 | 0.01 | 0.52 | 0.93 | 0.52 | 0.91 | 0.53 | 0.47 | 30.785 |
| 0.19     | 0.31 | 0.54      | 0.55 | 0.93 | 0.57 | 0.91 | 0.56 | 0.86 | 0.54 | 0.48 | 31.176 |
| 0.16     | 0.34 | 0.56      | 0.57 | 0.90 | 0.60 | 0.88 | 0.57 | 0.87 | 0.58 | 0.47 | 32.312 |
| 0.13     | 0.37 | 0.56      | 0.58 | 0.89 | 0.63 | 0.85 | 0.60 | 0.81 | 0.62 | 0.48 | 35.853 |
| $\tau$   |      | 0.43      | 0.30 | 0.18 | 0.34 | 0.13 | 0.34 | 0.18 | 0.30 | 0.43 |        |
| $1-\tau$ |      | 0.57      | 0.70 | 0.82 | 0.66 | 0.87 | 0.66 | 0.82 | 0.70 | 0.57 |        |

表3 下り方向相対オフセット

| 交通量水準 |      | 最適相対オフセット |      |      |      |      |      |      |      |      | PI     |
|-------|------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 上り    | 下り   | 9         | 8    | 7    | 6    | 5    | 4    | 3    | 2    | 1    |        |
| 0.13  | 0.37 | 0.52      | 0.38 | 0.19 | 0.40 | 0.15 | 0.37 | 0.11 | 0.42 | 0.44 | 35.853 |
| 0.37  | 0.13 | 0.58      | 0.60 | 0.90 | 0.65 | 0.89 | 0.63 | 0.83 | 0.64 | 0.50 | 35.853 |

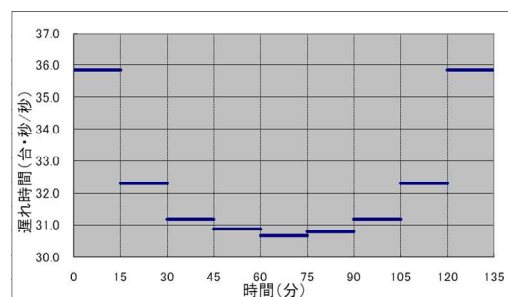


図7 遅れ時間の推移